

ШТОРМОВАЯ ПОГОДА ЮПИТЕРА

На крупнейшей планете Солнечной системы царят непрекращающиеся цветные штормы. Что является их причиной и почему они не стихают столетиями?

Даже при наблюдении в небольшой телескоп можно четко различить темные и светлые полосы на поверхности Юпитера. И если их более мелкие детали постоянно меняются, сами полосы сохраняют свою форму, о которой стало известно еще в 1660-х годах, когда Джованни Кассини и Роберт Гук при помощи телескопа составили первые карты планеты. Первоначально считалось, что темные полосы – это высокие облака над более светлой поверхностью. Поэтому их называют поясами, а более бледные части – зонами, по аналогии с климатическими зонами Земли.

Однако о том, какая погода на Юпитере на самом деле, стало известно только после облетов планеты космическим зондом «Вояджер» в 1970-х. Можно сказать, что практически все оказалось с точностью до наоборот. Выяснилось, что темно-коричневые и синие пояса – это что-то вроде пустых зон в более глубоких слоях атмосферы, а кремово-белые зоны – участки со скоплениями высоких облаков.

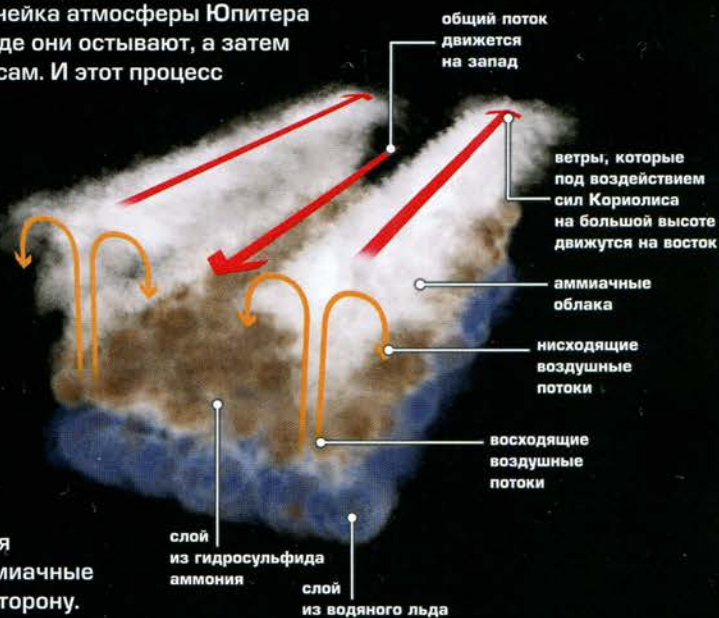
В атмосфере Юпитера, как и на любой другой планете, теплый воздух имеет тенденцию перемещаться к более холодным районам. На Земле в каждом полушарии доминируют три основные атмосферные

КАК ЭТО РАБОТАЕТ ПОЯСА И ЗОНЫ

В теплых районах планеты, расположенных у экватора, каждая конвекционная ячейка атмосферы Юпитера поднимает вещества вверх, где они остывают, а затем сбрасывает их ближе к полюсам. И этот процесс происходит непрерывно.

По мере того как смесь газов поднимается вверх, сначала происходит их конденсация, а потом, выше, формируются облака из гидросульфида аммония. Облака из аммиака, расположенные в светлых зонах Юпитера, появляются только в самой высокой точке.

Верхние слои атмосферы движутся на запад, в направлении вращения самой планеты. В то же время силы Кориолиса толкают аммиачные облака в противоположную сторону.



«МОЗАИКА» На этом изображении видны облака, расположенные к северу от экватора Юпитера. Картинку создали на основе данных, собранных космическим аппаратом «Галилео» в августе 1999 года.



ПОЛОСЫ ЮПИТЕРА

На этом изображении планеты, созданном благодаря данным, которые передал «Кассини», видно, как цветные облака под воздействием стремительных ветров образуют полосы.

циркуляционные ячейки, благодаря которым теплый воздух устремляется вверх, ближе к экватору. Поднявшись, он остывает, а затем опускается вниз у полюсов. В полосах Юпитера присутствуют похожие ячейки (см. «Как это работает»).

ВЕТРЫ И ШТОРМЫ

Воздушные массы в каждой зоне или поясе циркулируют под воздействием зональных ветров. Самые сильные дуют у экватора. Некоторые астрономы считают, что их вызывает движение газов, находящихся внутри планеты, а другие – что ветры возникают под воздействием сил Кориолиса (см. «Как это работает»).

Разноцветные облака, благодаря которым в атмосфере Юпитера можно различить отдельные пояса, являются результатом воздействия разных температур и давления. Здесь происходит конденсация различных химических веществ. Сейчас уже известен примерный состав облаков, расположенных на разных уровнях атмосферы Юпитера. Глубокие и незаметные облака из водяного льда прикрыты слоями облаков из гидросульфида аммония и аммиака (см. «Наши сведения»).

На границах между поясами и зонами возникает одно из самых сложных атмосферных явлений. Струйные течения, располагающиеся вдоль каждой границы, сгоняют полоски светлых облаков в крутящиеся фестоны, которые поднимаются над более глубокими соседними слоями



НАШИ СВЕДЕНИЯ

ИССЛЕДОВАНИЕ АТМОСФЕРЫ

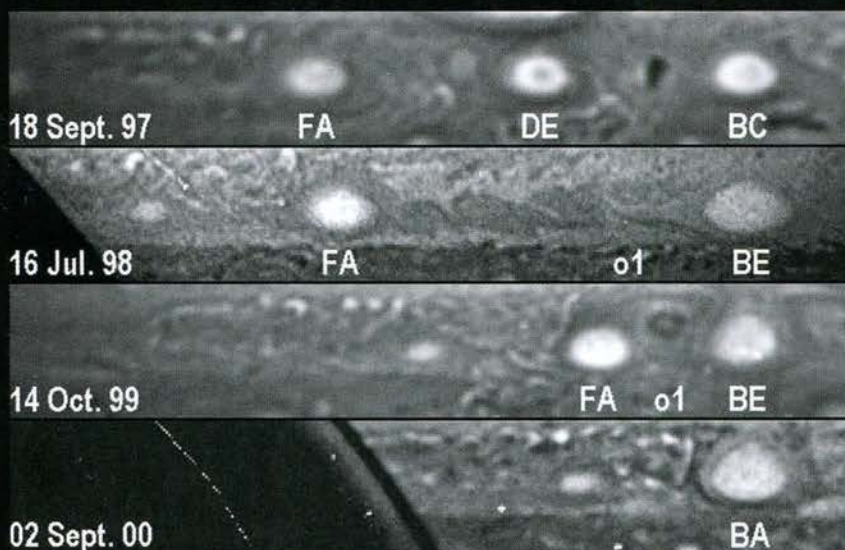
В октябре 1995 года во внешние слои атмосферы Юпитера был запущен атмосферный зонд космического аппарата «Галилео». Сначала данные, полученные зондом, озадачили астрономов: хотя на планете дули ветры со скоростью до 725 км/ч, облаков почти не было, как и признаков водяного пара, и лишь вдали отмечались вспышки молний.

Позднее анализ показал, что атмосфера планеты имеет структуру, представленную на рисунке справа, а зонд прошел через горячее пятно неба Юпитера.

- аммиачная дымка
- яркие аммиачные облака
- коричнево-красные облака из гидрхлорида аммония
- низкие облака из водяного льда
- газообразный «суп» из водорода, гелия, метана, аммиака и воды



УРОВНИ ОБЛАКОВ Атмосфера Юпитера, представленная в разрезе: на разных уровнях находятся разные виды облаков.



облаков. Поскольку на Юпитере нет твердой поверхности, которая бы вызывала трение, вихри газа, возникающие вдоль этих районов, могут не стихать на протяжении долгого времени, перерастая в мощные бури с ударами молний в тысячи раз сильнее, чем на Земле.

СИЛЬНЫЕ БУРИ

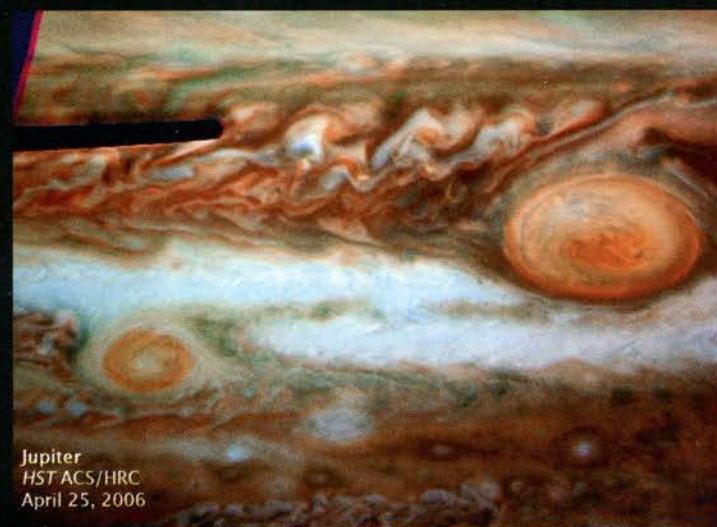
Точно так же, как и на нашей планете, из-за сочетания ветров, дующих с разной скоростью, силы Кориолиса (см. «Глоссарий») и температуры в каждой атмосферной полосе возникают собственные уникальные атмосферные явления, чаще всего штормы.

Но бури на Юпитере отличаются от сильных ветров на Земле. Если на нашей планете непогода возникает в областях низкого давления, то на Юпитере наоборот – высокого давления.

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ

На снимках, сделанных телескопом «Хаббл» в 1997–2000 годах, видно слияние двух из трех белых овалов Юпитера. По мнению ученых, это может свидетельствовать о глобальных климатических изменениях, которые проявятся в следующем десятилетии.

КРАСНОЕ ПЯТНО Эта «мозаика», составленная из фото «Хаббла», сделанных в 1992–1999 годах, говорит об изменении формы, размера и цвета самой заметной вихревой зоны Юпитера.



Jupiter
HST ACS/HRC
April 25, 2006



НАШИ СВЕДЕНИЯ

МАЛОЕ КРАСНОЕ ПЯТНО

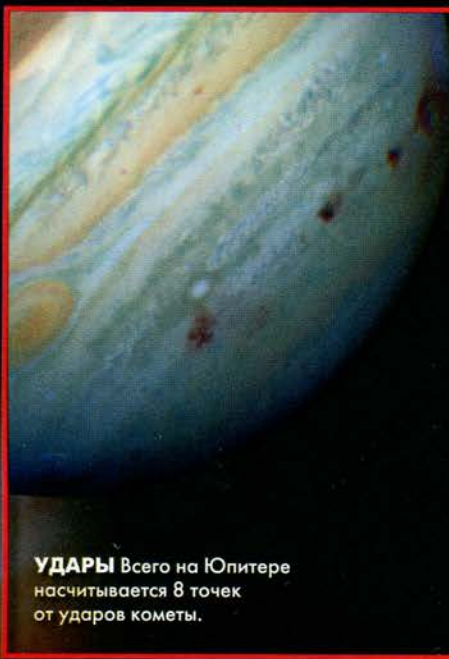
В начале этого столетия на Юпитере появилось второе красное пятно, так называемый овал ВА, который получил прозвище Малое красное пятно. Этот новый вихрь, уже примерно достигший размеров Земли, образовался при слиянии трех крупных белых овальных вихрей, которые до этого на протяжении нескольких тысячелетий кружились к югу от Большого красного пятна.

Два овала слились в 1998 году, поглотив через два года третий. Но только в 2005 году суперпятно начало менять свой цвет, становясь красным по мере того, как вещества поднимались вверх из более глубоких слоев атмосферы.

ОВАЛ ВА Изображение Малого красного пятна, сделанное «Хабблом» в апреле 2006 года.



ВАЖНЫЕ ОТКРЫТИЯ
КОМЕТА ШУМЕЙКЕРОВ – ЛЕВИ 9



УДАРЫ Всего на Юпитере насчитывается 8 точек от ударов кометы.

В 1994 году обломки этой кометы столкнулись с Юпитером, что вызвало сильнейшие взрывы и ярчайшие вспышки, которые когда-либо наблюдались в Солнечной системе. Благодаря случившемуся ученые получили редкую возможность заглянуть в невидимые для нас глубины атмосферы планеты.

До этого комета Шумейкеров – Леви 9 уже превратилась в «нитку жемчуга», которую выбросило на эту орбиту после предыдущего столкновения с Юпитером.

Позднее был проведен анализ спектра планеты (см. «Глоссарий»), что позволило выявить наличие на ней новых химических веществ – сероуглерода, молекул чистой серы, сероводорода и аммиака. Эти открытия стали еще одним доказательством в пользу гипотезы о том, что цвета Юпитера обусловлены присутствием различных соединений серы.

« БОЛЬШОЕ КРАСНОЕ ПЯТНО – САМЫЙ МОЩНЫЙ ШТОРМ НА ЮПИТЕРЕ И ДАЖЕ ВО ВСЕЙ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ ».

Доктор Гленн Ортон, астроном Лаборатории реактивного движения

Земли. Первые записи о нем датируются XIX веком, хотя также с уверенностью можно сказать, что пятно упоминалось еще в 1660-х годах. Однако из-за изменения его габаритов и цвета в определенные периоды оно более заметно.

БОЛЬШОЕ КРАСНОЕ ПЯТНО

Большое красное пятно находится на высоте 8 км над общим уровнем облачных полос, но при этом располагается во «впадине», глубина которой достигает 50 км, благодаря чему мы можем получить представление о наименее различных слоях облаков Юпитера. Пятно вращается с периодичностью примерно раз в неделю; скорость ветра, проносающегося по его краям, достигает 430 км/ч. Считают, что пятно расположено на вершине мощнейшего восходящего течения, которое поднимает вверх «суп» из химических веществ, поэтому в верхних слоях облаков пятна окрашиваются в красный цвет под воздействием ультрафиолетового излучения Солнца.

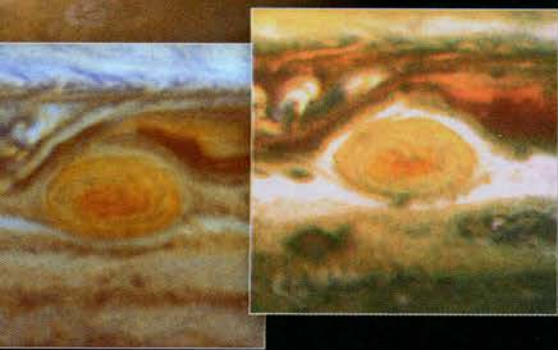
Несмотря на свою продолжительность, ураган постоянно меняется: пятно становится меньше и теряет свою яркую окраску по сравнению с тем, каким оно было несколько десятилетий назад.

В СЛЕДУЮЩЕМ ВЫПУСКЕ: ПОГРУЗИТЕСЬ В ВУЛКАНИЧЕСКИЙ МИР ИЮ, ЮПИТЕРИАНОСКОГО СПУТНИКА, КОТОРЫЙ ПО СВОИМ РАЗМЕРАМ ПОЧТИ РАВЕН ЗЕМЛЕ.

ГЛОССАРИЙ

Спектр – многоцветная полоса, получающаяся при прохождении светового луча через призму или иную преломляющую среду.

Сила Кориолиса – сила инерции, с помощью которой учитывается влияние вращения на систему отсчета движения материальной точки.



Штормы малой силы появляются часто, но стихают уже через несколько дней и недель, а сильные возникают редко, зато длятся годами и десятилетиями. Иногда они поглощают мелкие бури и усиливаются. Мощные штормы обычно видны на Юпитере в виде белых пятен. Как правило, это явление возникает между зональными ветрами, дующими в противоположных направлениях, и потоками воздуха с юга и севера.

Крупнейший ураган на Юпитере – знаменитое Большое красное пятно – антициклон, чьи размеры существенно больше

КОСМИЧЕСКИЙ АППАРАТ «ГАЛИЛЕО»

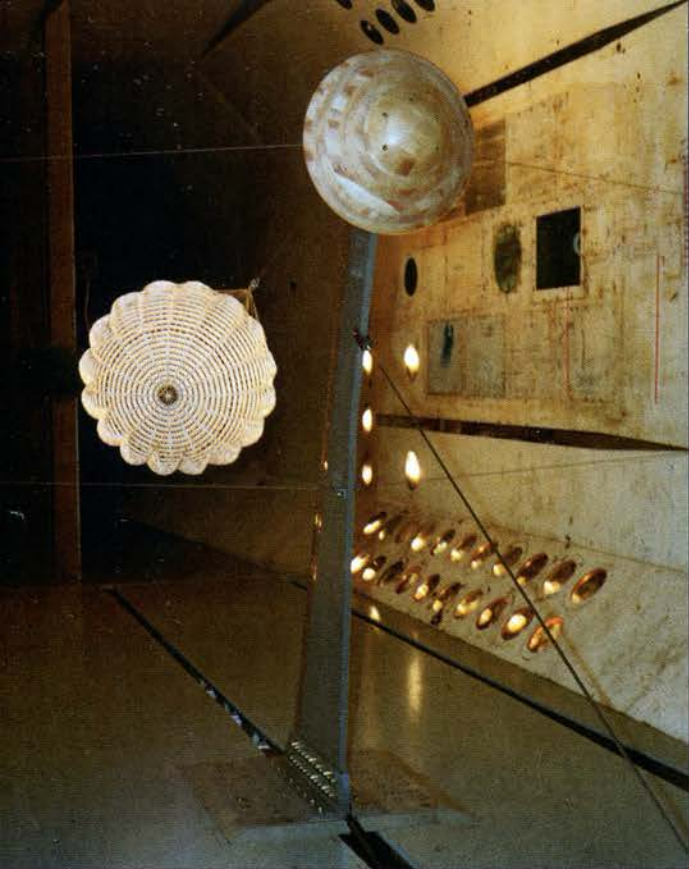
Космический аппарат «Галилео» добирался до Юпитера шесть лет, после чего в июле 1995 года от основного модуля отделился зонд для одиночного полета и входа в атмосферу планеты.

Примерно в то же время, когда «Галилео» вышел на орбиту вращения вокруг Юпитера, его зонд, выпущенный 147 дней назад, опустился в верхние слои атмосферы. Около двух минут зонд находился в свободном падении, после чего более плотные слои атмосферы начали действовать как тормоза, замедлив его движение с 170 000 км/ч до примерно 640 км/ч. Передний защитный экран подвергся воздействию температуры почти 13 727 °С

и, предположительно, потерял около 60 % своего 152-килограммового теплозащитного экрана.

Зонд диаметром 1,3 м испытывали в специальной лаборатории НАСА, чтобы имитировать тепловую нагрузку, сопоставимую с тепловой энергией, которая выделяется при превращении МБР (см. «Глоссарий») в огненный термоядерный шар.

На борту «Галилео» находилось оборудование для научных исследований, включая:



СТАТИСТИКА МИССИИ

ЗАПУСК: 18.10.1989

ВХОД В АТМОСФЕРУ: 07.12.1995

ГЛАВНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ:

Первый спускаемый зонд, вошедший в атмосферу Юпитера

МАССА: 339 кг

ИСПЫТАНИЯ

Модель атмосферного зонда вместе с тормозным парашютом тестировались в аэродинамической трубе Лаборатории реактивного движения (НАСА).

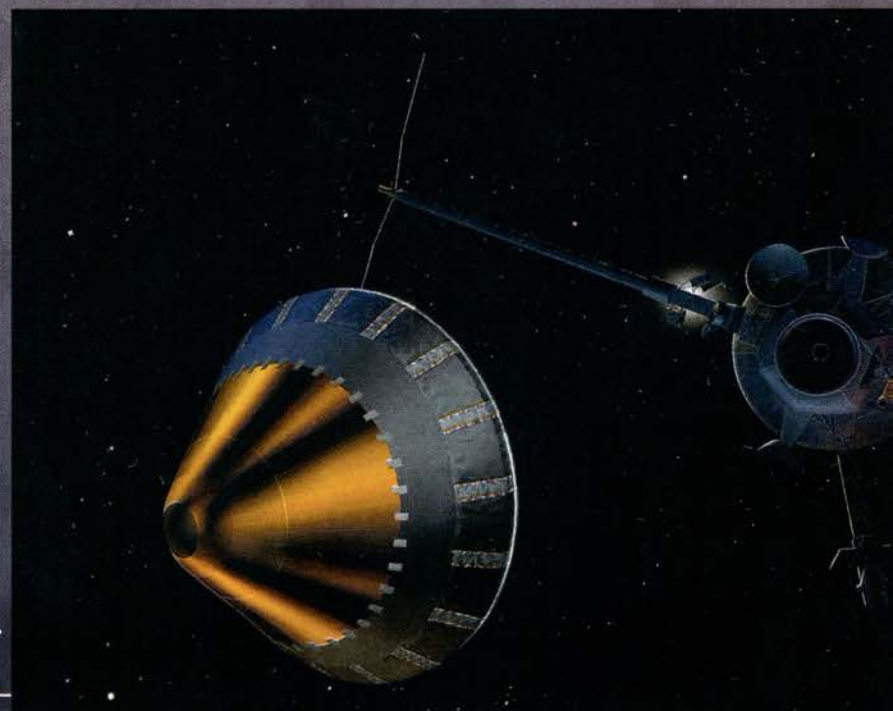


ВАЖНЫЕ ОТКРЫТИЯ

ПОГОДА НА ЮПИТЕРЕ

Ученые предполагали, что скорость ветра на Юпитере не превышала 350 км/ч, однако зонд «Галилео» определил, что ветры на этой планете дуют со скоростью 530 км/ч и более. Во время прохождения зонда через атмосферу скорость ветра практически не менялась.

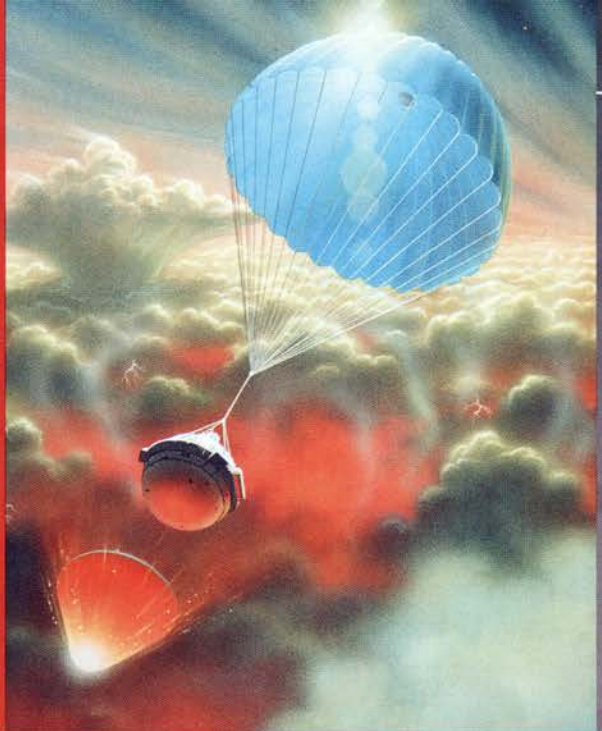
Похоже, что ветры на Юпитере в основном возникают под воздействием внутреннего тепла, излучаемого из глубин планеты (см. «Необъяснимо, но...»). Разница в количестве солнечного света на экваторе и полюсах, как и тепло, образующееся при конденсации воды, которое играет основную роль на Земле, оказывают не такое сильное влияние на юпитерианскую погоду.





ПАДЕНИЕ
Войдя в атмосферу, зонд подвергся колоссальной нагрузке, потеряв более половины веса своего 152-килограммового теплозащитного экрана.

СПУСК Зонд, раскалившийся добела под воздействием высоких температур при входе в атмосферу, отделяется от тормозного парашюта и крышки.



ГЛОССАРИЙ МБР — межконтинентальная баллистическая ракета: ракета дальнего (более 8000 км) действия, которая, как правило, используется для доставки ядерных боеголовок.

РАЗЪЕДИНЕНИЕ
От космического аппарата отделяется зонд. Через четыре месяца он достигнет Юпитера.

«ЮПИТЕР ВО МНОГОМ ПОХОЖ НА МИНИАТЮРНУЮ СОЛНЕЧНУЮ СИСТЕМУ».

Уэсли Хантресс, один из ведущих сотрудников НАСА

- приборы для определения структуры атмосферы — измерения температуры, давления и торможения;
- масс-спектрометр для анализа химического состава атмосферы;
- интерферометр для анализа атмосферы;
- нефелометр для определения местонахождения облаков и наблюдения за их частицами;
- радиометр для измерения электромагнитной радиации;
- прибор для измерения световых и радиационных излучений, связанных с молниями в атмосфере.

беспрецедентной для Земли — она доходила до 720 км/ч. Похоже, что примерно на 30 минуте спуска парашют под воздействием высокой температуры расплавился, и зонд снова вернулся в со-

стояние свободного падения. Около 40 минут спустя расплавились алюминиевые части зонда. Титановые компоненты продержались еще шесть часов. Достигнув критической температуры, они испарились. Как официально заявило НАСА: «Ему суждено было стать частью атмосферы, которую он прилетел исследовать».

НАШИ СВЕДЕНИЯ ЛЕГЕНДАРНОЕ ПУТЕШЕСТВИЕ

Вход зонда «Галилео» в атмосферу стал одним из самых драматических путешествий. Условия были невероятно суровыми: начальная скорость составила более 170 000 км/ч, температура оказалась в два раза выше температуры на поверхности Солнца, а силы торможения примерно в 230 раз превысили силу тяжести Земли. Зонд пролетел более 600 км, но не встретил никаких твердых объектов или поверхностей, что для такого газового гиганта, как Юпитер, было предсказуемо.

ГОРЯЧЕЕ ПЯТНО
Пройдя 152 км верхних слоев атмосферы, зонд зафиксировал, что атмосфера оказалась не такой влажной, как ожидалось. Там было лишь несколько облаков, издали виднелись вспышки молнии. Позднее специалисты, задействованные в этой миссии, узнали, что зонд опустился в так называемое горячее пятно. Скорость ветра оказалась

ВХОД
Атмосферный зонд входит в облака Юпитера, а космический аппарат остается на орбите.



[1]

Фото: Gemini Observatory/AURA

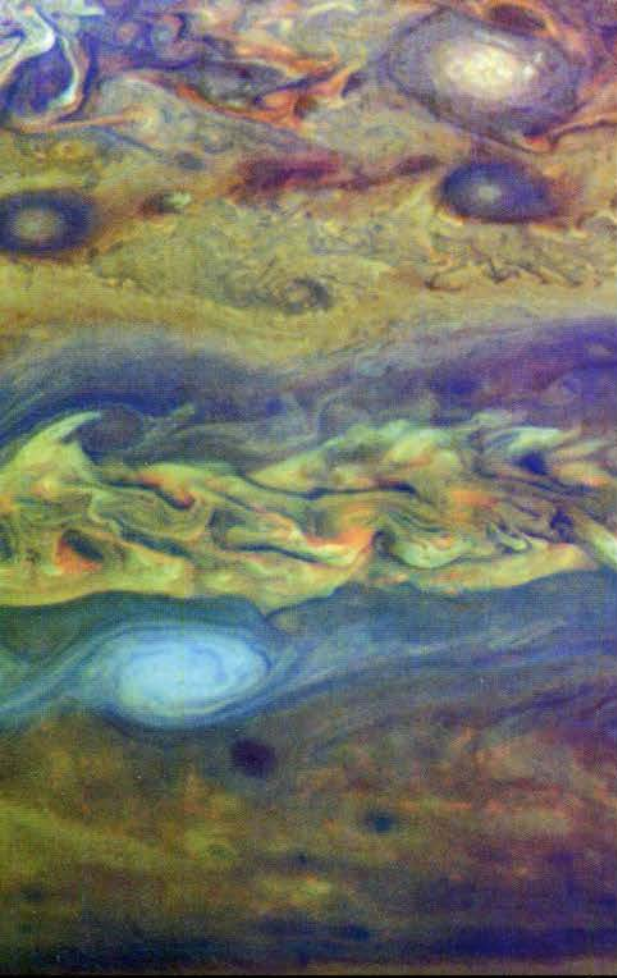


[2]

СУРОВЫЙ МИР

С Земли этот газовый гигант выглядит загадочной планетой, окутанной разноцветными полосами клубящихся облаков. Однако при ближайшем рассмотрении оказывается, что там бушуют свирепые бури.

В телескопе эти полосы кажутся коричневыми и белыми, но если искусственно раскрасить изображения планеты при помощи компьютерной программы, можно составить карту Юпитера. Подобные псевдоцветные фотографии помогают представить химический состав слоев атмосферы, рельеф облаков и даже температуру в отдельных зонах планеты.

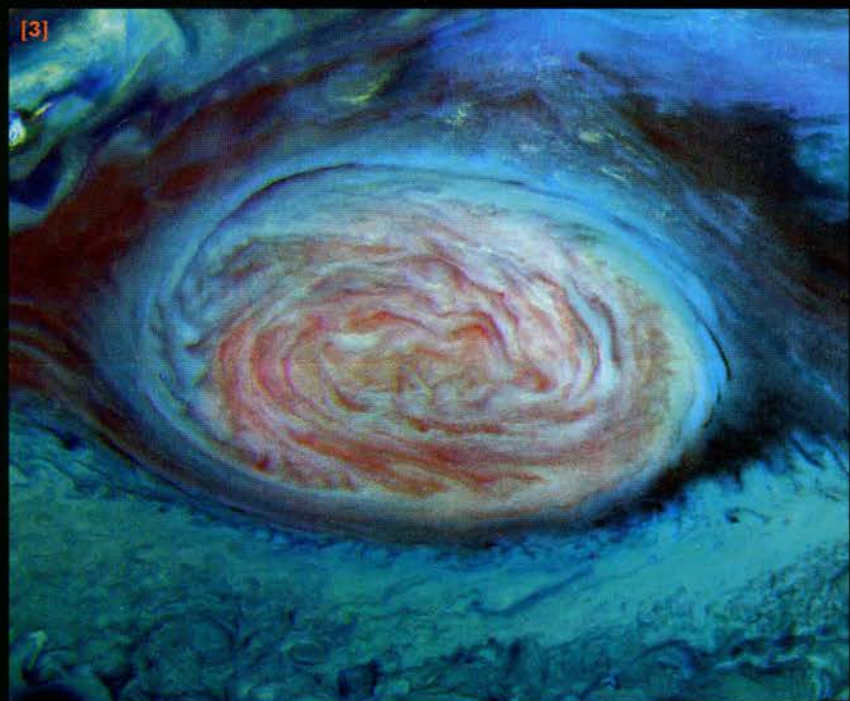


[1] В ТЕЛЕСКОПЕ На изображении, полученном при помощи инфракрасной съемки телескопом из обсерватории «Джемини» на Гавайях, видны два соседних красных пятна.

[2] АТМОСФЕРНЫЕ ПОЯСА На псевдоцветной «мозаике» Северного полушария Юпитера четко видны чередующиеся полосы между Северным экватором и Северным полюсом, попеременно направленные на восток и запад.

[3] БОЛЬШОЕ КРАСНОЕ ПЯТНО Снимок Большого красного пятна, сделанный космическим аппаратом «Галилео», свидетельствует о том, что оно выше, чем окружающий его темный пояс облаков.

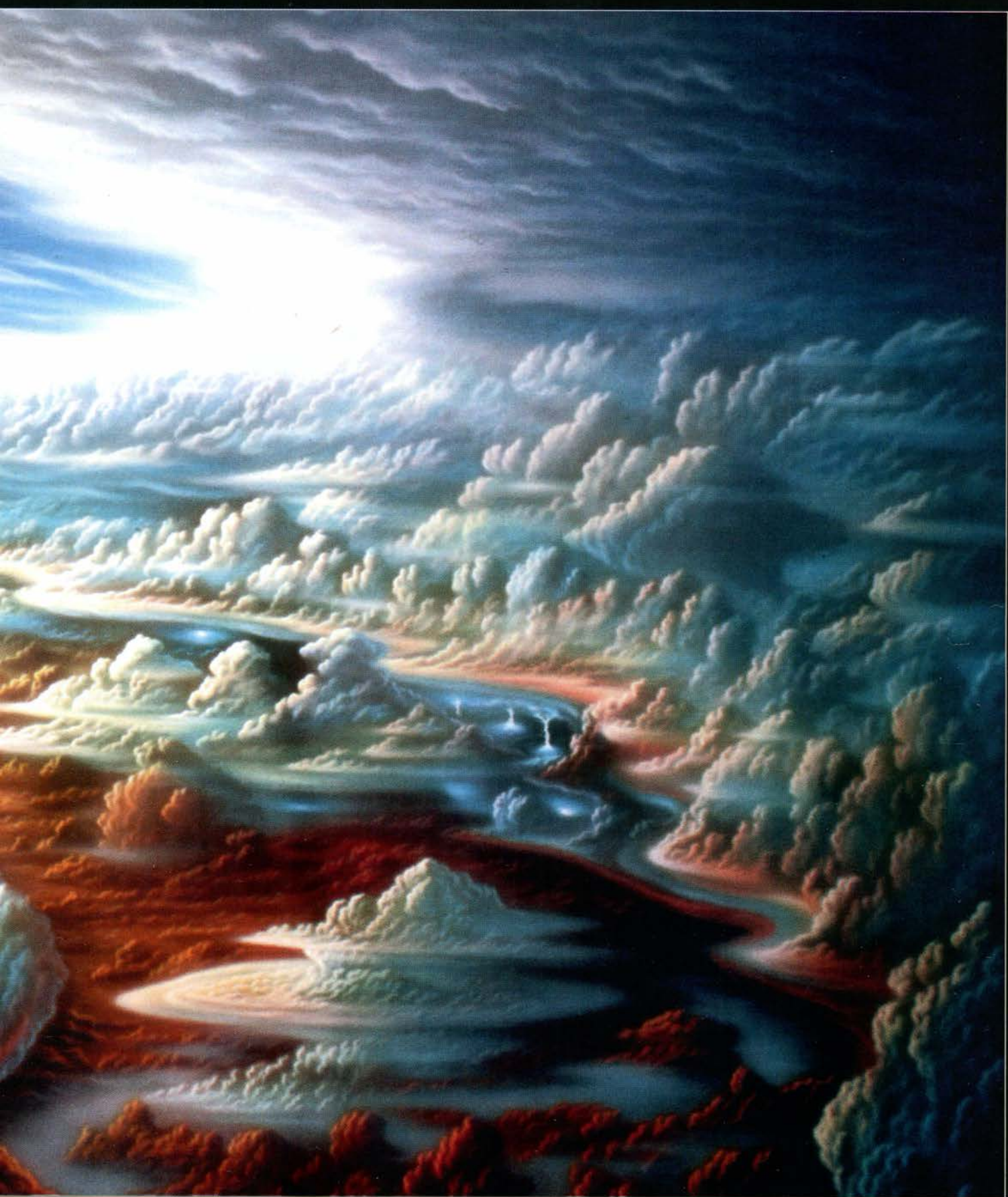
[4] ФРАГМЕНТ КРАСНОГО ПЯТНА Псевдоцветное изображение Большого красного пятна и соседнего с ним белого овала сделали благодаря данным, собранным «Вояджером-1».



[5]



[5] ОБЛАЧНЫЙ ЮПИТЕР Захватывающее зрелище – так в представлении художника выглядит атмосфера удивительного газового гиганта, окутанного облаками. Огромные бурлящие облака плотным одеялом покрывают всю планету, придавая ей характерную форму. На Юпитере нет гор, долин,



вулканов или рек. Там нет и границ между сушей и воздухом — лишь бескрайний океан густого газа и облаков. Однако слои атмосферы создают собственный рельеф из облаков, похожих на пики, которые возвышаются над глубокими «каньонами».

ЗАГАДКИ ЮПИТЕРА

Несмотря на запуск нескольких космических аппаратов, самая большая планета Солнечной системы скрывает ответы еще на много вопросов.

УРАГАННАЯ СИЛА

Хотя ученым удалось многое узнать о бурной атмосфере Юпитера, им пока мало что известно о том, какие процессы вызывают атмосферные явления на этой планете.

Самое загадочное на Юпитере – его бури и странные атмосферные образования. До сих пор непонятен механизм, вызывающий ураганы в зонах высокого атмосферного давления; не объяснено, почему атмосфера окрашена в разные цвета и как возникают ветры, которые заставляют двигаться пояса и зоны в разные направления. Если мы разгадаем эти тайны, тогда мы многое узнаем о процессах, происходящих не только на Юпитере, но и на других планетах-гигантах.

ВНУТРЕННЯЯ ЭНЕРГИЯ

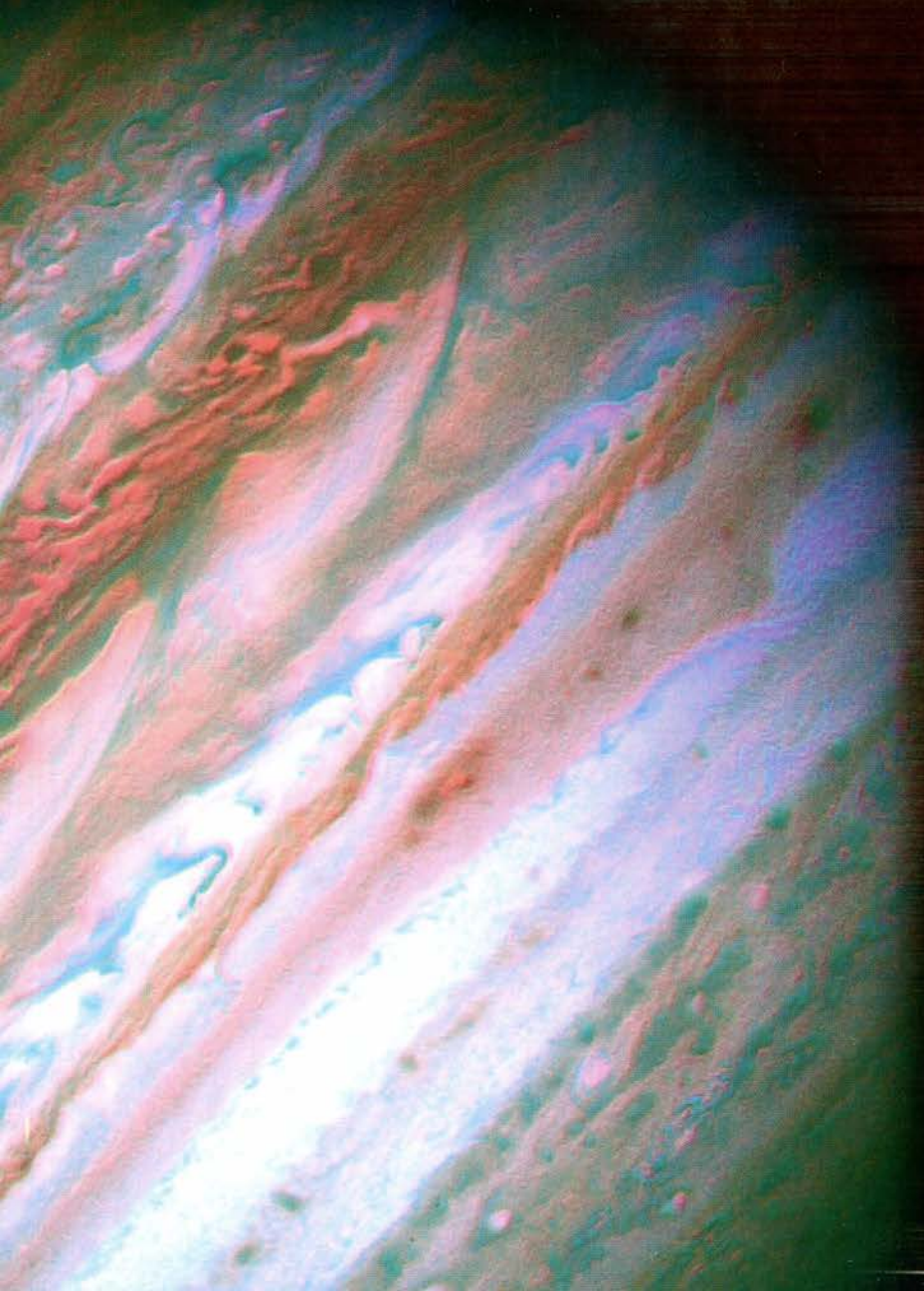
Возможно, самая большая загадка Юпитера – это погода. Планета получает всего 4 % от той солнечной энергии, которую ежедневно поглощает наша колыбель.

Очевидно, что у тела есть собственный внутренний источник энергии, но что это за источник? Согласно наиболее распространенной теории, тепло вырабатывается благодаря постоянному сжатию недр планеты. Из-за оседания более плотных молекул у коры газового гиганта трение, которое они вызывают при движении вниз, высвобождает излишки тепла.

УРАГАННАЯ СИЛА

Еще один из важных вопросов: почему штормы на Юпитере делятся десятилетиями и даже веками? Конечно, свою роль играет и то, что на нем нет твердых поверхностей, которые бы ослабляли ураганы. Следовательно, существует некий механизм, подпитывающий бури.

Существуют три предположения. Согласно первому, своей продолжительностью штормы обязаны движению противоположных ветров, которые дуют с севера и юга, создавая крутящиеся вихри. Второе гласит о том, что штормы получают свою энергию от некой силы, нагревающей и поднимающей материал





КАК ЭТО РАБОТАЕТ

МОЦНЫЙ ШТОРМ 2007 ГОДА

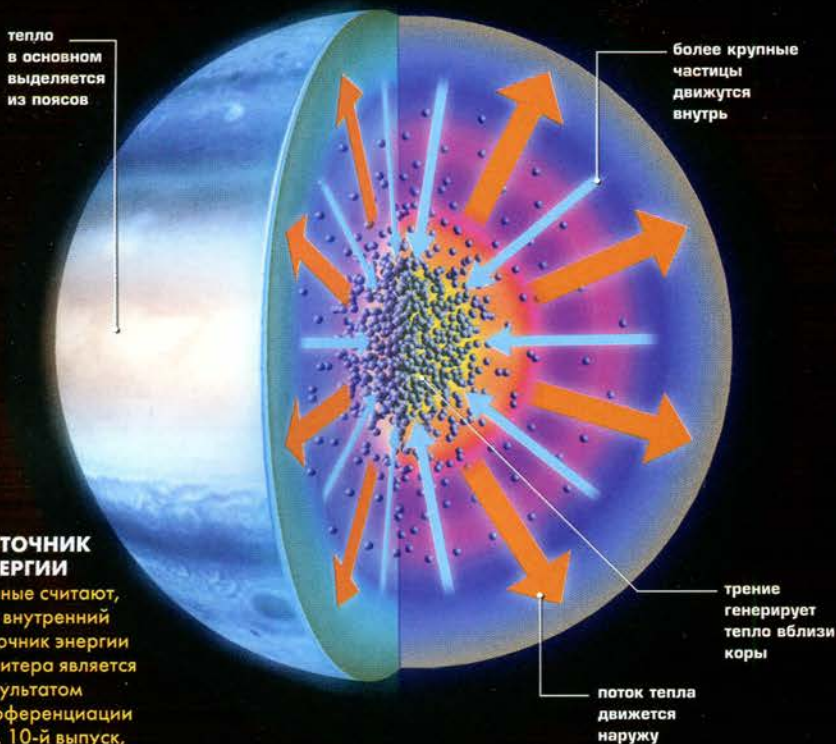
В марте 2007 года астрономы получили возможность установить связь между внутренним источником энергии Юпитера и его погодой на поверхности, когда два новых урагана разразились в Северном полушарии планеты. Всего за сутки их диаметр увеличился от 400 км до 2000 км.

Инфракрасные изображения показали, что ураганы совпали с яркими горячими пятнами на Юпитере. Похоже, они возникли

под воздействием тепла из глубин газового гиганта. В свою очередь этот процесс привел к подъему материала из нижнего слоя облаков, насыщенных водой, находящихся на высоте 100 км от внутренней части планеты.

Ураганы быстро рассеялись, оставив после себя много вопросов, в частности, связаны ли они с похожими «извержениями» 1975 и 1990 годов, а также циклом периодичностью раз в 16 лет.

УРАГАНЫ На этом изображении – два континентальных урагана, запечатленных в марте 2007 года. Это свидетельствует о том, что внутреннее тепло играет важную роль в погодных системах Юпитера.

**ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ**

Ученые считают, что внутренний источник энергии Юпитера является результатом дифференциации (см. 10-й выпуск, «Космическая наука»).

ГЛОССАРИЙ

Изменение агрегатного состояния вещества – изменение вещества, находящегося в трех состояниях (твердое тело, жидкость, газ). Обычно связано с поглощением или выделением энергии.

Плазменный вулкан

– подъем электрически заряженного газа, который может происходить в верхней части океана из металлического водорода на Юпитере.

планеты. Возможно, это тепло выделяется при изменении агрегатного состояния (см. «Глоссарий»), когда атмосферные газы превращаются в жидкость, или же оно вырабатывается в результате более экзотических природных явлений, например, плазменных вулканов (см. «Глоссарий»), которые находятся в недрах мантии из металлического водорода.

И, наконец, третье предположение: основные ураганы не стихают и продолжают нарастать, поглощая многочисленные незначительные бури, которые, в свою очередь, появляются в районах

подъема газов. В пользу последней гипотезы говорит открытие бесчисленных электрических бурь в районах, где бушуют крупные штормы. Ученые пришли к выводу, что в возникновение столь долговременных ураганов вносит свою лепту каждый из этих трех процессов.

ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА?

Как долго просуществуют подобные ураганы? Согласно одной из теорий, недавние многочисленные изменения на этой гигантской планете свидетельствуют о глобальном климатическом цикле.

В настоящее время на всем Юпитере, от экватора до полюсов, поддерживается примерно одинаковая температура. Однако компьютерные модели, разработанные в Калифорнийском институте в Беркли, дают основание полагать, что это главным образом обусловлено турбулентностью, вызванной белыми пятнами-ураганами Юпитера. Возможно, недавнее слияние трех таких крупных бурь, превратившихся в результате в Большое красное пятно, «отключило» этот механизм, создав препятствие, которое не дает теплу продвигаться к Южному полюсу. Следовательно, полюс охлаждается, а на экваторе становится теплее.

Похожие слияния могут привести к такому же результату и на Северном полюсе. Изменения в движении потока тепла могут нарушить плавный поток зональных ветров и создать вихри, которые в итоге породят новое поколение ураганов. Таким образом, на Юпитере может возникнуть сложный климатический цикл продолжительностью сто лет и более.