



ВЕТЕР ЗНАЕТ

Повышенный интерес к вопросам происхождения и эволюции Солнечной системы возник после того, как в последнее время были открыты почти 90 планетных систем. И для того, чтобы лучше понять процессы формирования планет, их лун и астероидов, необходимо знать точный химический и изотопный состав вещества исходной солнечной туманности. Осенью 2004 года американский исследовательский аппарат Genesis должен доставить на Землю пробы солнечной материи, являющиеся остатками нашей родительской туманности. Узнав ее точный химический и изотопный состав и сравнив его с составом планетного и метеоритного веществ, ученым, возможно, удастся понять, образовались ли Солнце и другие небесные тела Солнечной системы из одной и той же материи.

На иллюстрации: как далеко распространяется влияние солнечного ветра, никто точно не знает. Так называемая гелиосфера — область, где по-прежнему велико влияние солнечного магнетизма и солнечного ветра, простирается далеко за орбиты внешних планет. В строгом смысле слова, гелиосфера не является сферой, а имеет вытянутую в одну сторону форму, что объясняется движением Солнечной системы в среде межзвездного газа. Показанная желтым цветом граница между обла-

стью, заполненной плазмой солнечного ветра, и межзвездным газом называется гелиопаузой — именно ее считают границей Солнечной системы.

На фоне солнечного диска виден исследовательский аппарат Ulysses, запущенный в 1990 году для изучения Солнца и солнечного ветра.

В период минимума солнечной активности (1994—1995 годы) он наблюдал быстрый солнечный ветер, а во время ее максимума (2000—2001 годы) изучал ветры, различные по скорости и интенсивности.



огласно общепринятой гипотезе все объекты Солнечной системы возникли из облака межзвездного газа и пыли, известного как солнечная туманность, которое по своему изотопному и химическому составу было относительно однородным (напомним,

что изотопы — это разновидности одного и того же химического элемента, занимающие одно место в Периодической системе элементов, но отличающиеся массами атомных ядер). Каким же образом из такой солнечной туманности сформировались объекты с самыми различными характеристиками? Точные исследования состава элементов и изотопов тел Солнечной системы дают основания предполагать, что планеты, их спутники и даже астероиды имеют различный химический состав. Даже самые крошечные луны вокруг внешних планет Солнечной системы различаются между собой. Уже сейчас в планетных атмосферах известны большие вариации в отношении дейтерия (тяжелого изотопа водорода) к обычному водороду, накапливающие на их эволюцию важные ограничения. Невозможно понять процессы формирования планет из солнечной туманности, не зная причин вариаций в отношениях изотопов кислорода, которые были обнаружены в пробах вещества Земли, Луны, Марса, астероидов и метеоритов. В разных планетных материалах были также обнаружены вариации изотопов азота и благородных газов. Неразрешенной загадкой являются и наблюдавшиеся вариации с возрастом в отношениях изотопов в пробах с лунной поверхности, а в метеоритах выявлены минеральные частицы с резкими изотопными аномалиями многих химических элементов.

ГДЕ РОДИЛИСЬ «ВЫМЕРШИЕ» ИЗОТОПЫ?

Изучая метеориты, профессор Университета Беркли Дж. Рейнолдс обнаружил изотоп ксенона с массовым числом 129 (^{129}Xe), который является потомком «вымершего» радиоактивного йода-129 (^{129}I) (вымершими называются те радиоактивные изотопы, продолжительность жизни которых значительно меньше возраста Солнечной системы, но сопоставима с временным интервалом между формированием Солнца и самых ранних материалов его туманности).

В современной Солнечной системе ^{129}I отсутствует, а «ископаемый» ^{129}Xe — своеобразная память о былом существовании «вымершего» ^{129}I . Вскоре оказалось, что он не единственный «вымерший» изотоп в новообразованной Солнечной системе — в метеоритах были найдены следы и других «вымерших» изотопов.

После тщательного теоретического анализа всех возможностей их образования при различных ядерных процессах было сделано заключение, что «вымершие» изотопы не могли образоваться в нашей системе и что они — пришельцы из космического пространства, родившиеся в процессе грандиозного взрыва сверхновой звезды вблизи протопланетного облака, из которого впоследствии сформировалась Солнечная система. Это событие спровоцировало сжатие облака и «впрыснуло» в него короткоживущие изотопы. Некоторые ученые считают, что аномалии отношений изотопов в метеоритах указывают на отсутствие общего перемешивания изотопно неоднородной материи солнечной туманности.

Но существует и другая точка зрения, согласно которой источником короткоживущих изотопов также могут быть солнечные вспышки, только они должны быть в сотни тысяч раз мощнее тех, которые наблюдаются на Солнце сейчас, и происходить в сотни раз чаще. Мощность и частота вспышек в молодых аналогах Солнца, находящихся в Туманности Ориона, достаточно для того, чтобы создать большинство изотопов, обнаруженных в метеоритах, которые были сформированы в начале жизни нашей планетной системы.

НЕМНОГО СОЛНЦА В МЕЖПЛАНЕТНОЙ СРЕДЕ

Используя существующие в планетной материи различия, ученые моделируют разнообразные эволюционные условия, процессы и события в ранней солнечной туманности, в результате которых могло возникнуть такое разнообразие объектов современной Солнечной системы. Для получения максимально надежных результатов необходимо знать точный состав исходной солнечной туманности. И здесь исследователям может помочь само Солнце, которое содержит 99% всей материи Солнечной системы. И хотя самые глубокие его недра изменены ядерными реакциями, внешние слои состоят почти из той же самой материи, которую имела начальная солнечная туманность. Химический состав атмосферы Солнца достаточно хорошо известен из спектрального анализа, но точное количество большинства элементов и почти всех изотопов пока еще неизвестно.

Для тщательного изучения химического и изотопного состава солнечного вещества в земных лабораториях нельзя взять его пробы прямо с поверхности, как это делается при изучении планет и метеоритов, потому что поверхность Солнца — это турбулентная среда с температурой около $6\,000^\circ\text{C}$, однако можно собрать солнечный материал, «вытекающий» из Солнца в межпланетное пространство, называемый солнечным ветром. Сделать это можно с помощью космического аппарата, размещенного вне земного магнитного поля, способного захватить образцы солнечного ветра и доставить их на Землю. Сравнивая же химический состав и обилие изотопов солнечного ветра с уже известным планетарным составом, можно добыть еще один кусочек знаний для решения головоломки под названием «Происхождение Солнечной системы и ее эволюция».

ЧТО ТАКОЕ СОЛНЕЧНЫЙ ВЕТЕР?

Истечение вещества самой внешней оболочки атмосферы Солнца — солнечной короны называется солнечным ветром. При существующих в солнечной короне высоких температурах давление вышележащих слоев не может уравновесить газовое давление вещества короны, и поэтому она постоянно расширяется в пространство. Теоретически это явление было предсказано американским физиком Е. Паркером, а экспериментально подтверждено при помощи приборов, установленных на советских космических аппаратах «Луна-2» и «Луна-3», которые и обнаружили потоки заряженных частиц в межпланетном пространстве. Однако с тех пор ученые узнали о солнечном ветре много нового.

Корона — это плазма, то есть смесь заряженных частиц (ионов и электронов), которые в магнитном поле двигаются вдоль силовых линий. Известны два типа линий магнитного поля: «закрытые» и «открытые». Закрытые проходят через две точки фотосферы и выглядят, как петли или арки (их можно увидеть в движении солнечных протуберанцев). Открытые же, начинаясь в одной точке фотосферы, вытягиваются в межпланетное пространство. Области открытых полей — это те области, где корона может распространяться наружу в форме солнечного ветра. Так как солнечный ветер представляет собой расширение горячей короны, то и он состоит в основном из ионов и электронов. Распределение в нем ионов, в общем, соответствует распределению элементов на Солнце. Расширяется корона неравномерно во все стороны пространства, скорости ее расширения, или скорости солнечного ветра, меняются от 300 км/сек до $1\,500\text{ км/сек}$ в зависимости от процессов, происходящих на Солнце.

Источниками высокоскоростного солнечного ветра являются корональные дыры — области с низкой плотностью, возникающие над поверхностью там, где магнитное поле Солнца открывается в межпланетное пространство. Во время минимума солнечной активности корональные дыры обычно появляются над полюсами Солнца и протягиваются на очень большие расстояния. Причину быстрого солнечного ветра — корональные дыры — впервые об-



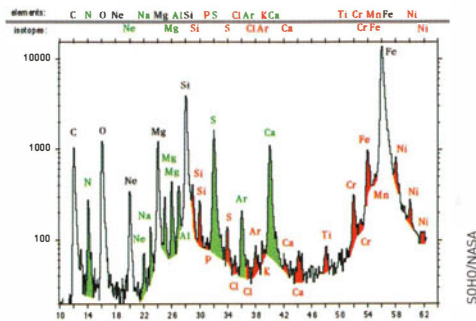
GRAPHIC NEWS

STANFORD UNIVERSITY

НОВЫЕ НАХОДКИ

Эта спектрограмма была получена при помощи одного из инструментов обсерватории SOHO. Масс-спектрометр CELIAS имеет прекрасное разрешение для изучения состава солнечного ветра; им уже были измерены редкие элементы и изотопы, которые прежде вообще не удавалось наблюдать. На изображении пики на черной линии соответствуют элементам, традиционно обнаруживаемым во всех исследованиях солнечного ветра: углерод (C), кислород (O), неон (Ne), магний (Mg), кремний (Si) и железо (Fe).

Элементы и изотопы, впервые обнаруженные в составе солнечного ветра с помощью SOHO, показаны красными пиками: изотопы крем-



ния (^{29}Si , ^{30}Si), фосфор (P), изотоп серы (^{34}S), хлор (Cl) и его изотоп ^{37}Cl , изотоп аргона ^{38}Ar , изотопы кальция ^{42}Ca и ^{44}Ca , титан (Ti), хром (Cr) и его изотоп ^{53}Cr , изотопы железа (^{54}Fe и ^{57}Fe), марганец (Mg), никель (Ni) и его изотопы (^{60}Ni , ^{62}Ni). Единственное исключение в этом ряду составляет аргон-38, который хотя и был обнаружен ранее во время экспериментов

Apollo с фольгой, но с большой долей неопределенности. Зеленым цветом отмечены элементы и изотопы, которые при стандартных экспериментах с солнечным ветром обычно не обнаруживаются: азот (N), изотоп неона (^{22}Ne), натрий (Na), изотопы магния (^{25}Mg и ^{26}Mg), алюминий (Al), сера (S), аргон (Ar) и кальций (Ca). Неон и аргон были обнаруже-

ны во время экспериментов Apollo. Что же касается азота, натрия, изотопов магния, алюминия и кальция, то они впервые наблюдались на аппарате WIND примерно за 13 месяцев до SOHO. Масс-спектрометр на космическом аппарате ACE успешно измерил изотопный состав серы в солнечном ветре. Обилие элементов серы можно точно измерить спектроскопически, но изотопный состав серы на Солнце нельзя измерить непосредственно. Сера достаточно летучий элемент по сравнению с тугоплавкими марганцем и кремнием, поэтому определение ее изотопного состава на Солнце может дать ценную информацию о составе ранней Солнечной системы. Материя попадает в

корону и в солнечный ветер из внешней конвективной зоны (ВКЗ) Солнца. Изотопное обилие менее летучих элементов в солнечной атмосфере, очевидно, очень схоже с земным, лунным и метеоритным. Благодаря этим элементам возможно сделать заключение о величине изотопного фракционирования при изменяющихся условиях в областях, являющихся источниками солнечного ветра. Иногда солнечный ветер — единственный источник информации, важной для исследования в области космохимии и астрофизики. Знание изотопного состава ВКЗ даст информацию о ранней Солнечной туманности, из которой образовалось Солнце, и об истории Солнечной системы.

наружила космическая станция Skylab, а Ulysses, вращавшийся вокруг Солнца с южного полюса, подтвердил существование быстрого солнечного ветра от солнечных полюсов. Японский космический аппарат Yohkoh наблюдал истечение частиц солнечного ветра из короны, а также получил рентгеновское изображение корональной дыры.

Солнечные извержения, названные корональным истечением массы (coronal mass ejection — CME), связывают с разрывом закрытых линий магнитного поля над поверхностью Солнца. В зависимости от энергии, реализованной при извержении, солнечный ветер от CME имеет либо высокие, либо низкие скорости. Частота появления CME синхронна с циклом солнечной активности. Умеренный солнечный ветер течет от корональных лучей — ярких, плотных структур. «Спокойная корона» между дырами и лучами также может проводить медленные потоки солнечного вещества.

Динамические свойства солнечного ветра очень тесно связаны с короной и ее магнитным полем. Значительная часть солнечного магнитного поля, вытягиваясь, увлекается уносящимся от Солнца ветром. Он же дует во все стороны, наполняя заряженными частицами все околосолнечное пространство, всю нашу планетную систему, создавая межпланетное магнитное поле, поддерживаемое за счет ветра.

О ПОГОДЕ

Солнечный ветер оказывает заметное влияние на все планеты, он, подобно конвейерной ленте, переносит последствия событий, происходящих на солнечной поверхности, в межпланетное пространство. Когда он сталкивается с удаленным небесным телом, то вызывает в пространстве вокруг него изменения электрических свойств, что может оказывать значительные воздействия на атмосферу планет, и особенно на их собственное магнитное поле, в том случае, если оно есть. Поток солнечного ветра настигает и

нашу мирно движущуюся по своей околосолнечной орбите планету. Но его встречает и блокирует оболочка Земли, называемая магнитосферой. Обтекаемая магнитосферой, солнечный ветер делает ее похожей на бутылку, «дно» которой обращено к Солнцу. Узкое же «горлышко» этой бутылки именуется хвостом магнитосферы.

Вопрос о том, насколько далеко в пространство уходит этот хвост и открыта или закрыта «магнитная бутылка» (закрываются ли на ночной стороне геомагнитные силовые линии или происходит их перезамыкание с силовыми линиями межпланетного магнитного поля), долгое время оставался дискуссионным. Вообще же, идея магнитного перезамыкания для объяснения процессов, позволявших потоку частиц солнечного вещества втекать в магнитосферу, была выдвинута более 40 лет назад. Но лишь совсем недавно, используя космический аппарат WIND, исследователи смогли сделать редкие прямые наблюдения магнитного перезамыкания, которое позволяет магнитному полю Солнца, проводимому солнечным ветром, связываться с магнитным полем Земли, пропуская при этом плазму и энергию от Солнца в земное пространство, что вызывает полярные сияния и магнитные бури. Предыдущие исследования фиксировали в основном последствия перезамыкания — поток плазмы и энергии в направлении к Земле или от нее, в то время как сам процесс в действии был неуловим. А ведь перезамыкание — один из фундаментальных физических процессов во Вселенной. На Солнце он, по всей видимости, играет основополагающую роль в развитии солнечных вспышек и истечении корональных масс. И единственное место, где можно наблюдать этот процесс непосредственно, — это земная магнитосфера. Ее глобальную картину показал космический аппарат IMAGE, регистрировавший изменения солнечного ветра, а другой летательный аппарат — ACE — измеряет его интенсивность и предупреждает о времени усиления его по-



ТУДА И ОБРАТНО

Астрономы, наблюдающие за Солнцем, уже давно обратили внимание на петли плазмы, которые называются корональными петлями и являются проявлением сложной структуры магнитного поля короны, примерно так же, как железные опилки позволяют обнаружить невидимое магнитное поле, окружающее магнит. Корональные петли бывают разной величины, но, как правило, они настолько велики, что могут охватить несколько планет величиной с Землю, и у них есть весьма загадочные свойства. Ученые высказывали гипотезу, что корональные петли представляют собой трубки

плазмы, пойманные и запертые в магнитных полях короны. Учитывая солнечную гравитацию, предполагалось, что у основания петли плазма должна быть плотнее, а на ее вершине разреженнее, аналогично тому, как земное притяжение делает атмосферу нашей планеты более плотной у поверхности и более разреженной на большой высоте. На самом деле плазма в корональных петлях, видимо, имеет почти одинаковую плотность по всей длине. Видеофильмы, сделанные на основе новых наблюдений, переданных аппаратом TRACE, позволили астрономам увидеть яркие вкрапления плаз-

мы, пробегающие по корональным петлям вверх и вниз. Данные, полученные с SOHO, подтвердили, что эти вкрапления двигаются с огромной скоростью, и позволили сделать вывод, что корональные петли — это не статические структуры, наполненные плазмой, а, скорее, ее сверхскоростные потоки, которые «выстреливаются» с солнечной поверхности и «разбрызгиваются» между структурами в короне. Если это так, то плазма по всей длине петли должна иметь примерно одинаковую плотность. Примерно в половине всех петель, обнаруженных аппаратом TRACE, видны эти потоки. В остальных слу-

чаях, как полагают ученые, они слишком слабые, чтобы их могли зафиксировать камеры TRACE, и потребуются новые, более совершенные инструменты, способные обнаружить их присутствие. По мнению исследователей, поток плазмы также может образовывать корональную петлю и из-за разности температур на основаниях петли, когда плазма мчит к более горячему концу петли к более прохладному. Пока непонятно, в чем причина нагревания корональных петель, но их исследование, возможно, поможет понять, почему корона Солнца в сотни раз горячее его поверхности.

► СУПЕРГРАНУЛЫ

Изображение показывает существование на солнечной поверхности (фотосфере) структуры ячеек, каждая из которых достигает 30 тыс. км в поперечнике (более темные участки соответствуют потокам, движущимся к наблюдателю, а более светлые удаляются от него). Из-за сходства с гораздо меньшими по размеру особенностями в фотосфере — гранулами, эти ячейки с временем жизни около двух дней, очерченные сеткой небольших магнитных особенностей, называют супергранулами. Всего их на поверхности Солнца несколько тысяч.

Постоянные наблюдения с помощью обсерватории SOHO показали, что супергранулы движутся через солнечную поверхность быстрее, чем вращается Солнце.

В январе 2003 года группе ученых, которой руководит Лоран Жизон из Стенфордского университета, удалось объяснить это загадочное явление. Супергрануляция — это картина активности, которая волной перемещается по солнечной поверхности. Это явление можно сравнить с «движением волны» на трибунах стадиона, когда каждый из сидящих друг за другом болельщиков встает со своего места на короткое время, а затем садится, но не двигается ни вправо, ни влево, при этом для наблюдателя со стороны создается иллюзия бегущей по трибуне волны. Аналогичные волны создаются поднимающимися и опускающимися супергранулами. Волны распространяются по всем направлениям через солнечную поверхность, но по каким-то причинам они сильнее (имеют большую амплитуду) в направлении солнечного вращения. Так как эти волны наиболее выделяются, то и создается иллюзия, что они движутся быстрее скорости вращения Солнца.

Достаточно трудно сделать предположение о физической причине этого явления, но, вероятно, само вращение является источником волн супергрануляции.

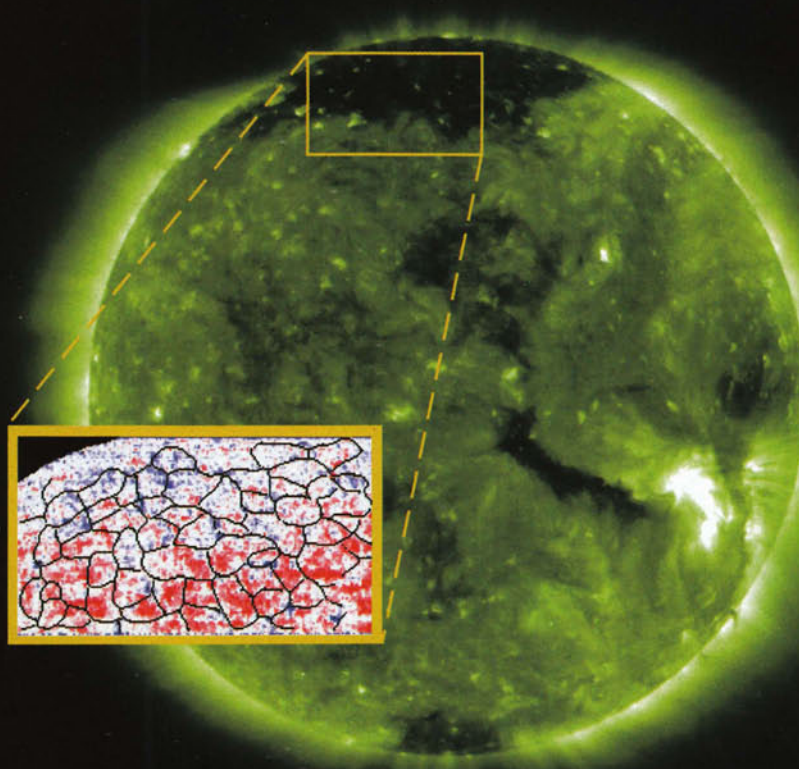
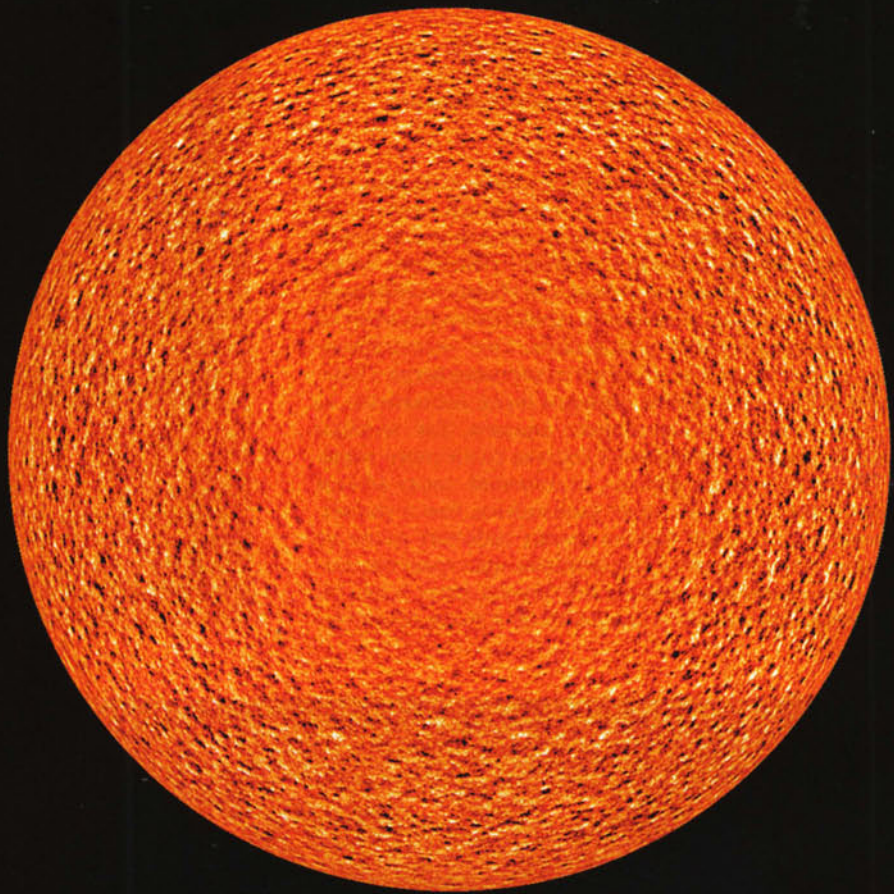
► ЯЧЕЙКИ

Солнечный ветер несет в себе две составляющие: низко- и высокоскоростную. Первая распространяется со скоростью около 400 км/сек, вторая — вдвое быстрее. Откуда

же берутся более быстрые частицы? Недавно астрономы приблизились к ответу на этот вопрос, проведя детальные наблюдения источников высокоскоростного ветра с помо-

щью обсерватории SOHO. На увеличенном фрагменте смещения показаны исходящие (синие) и входящие (красные) потоки раскаленного газа. Выяснилось, что синие участ-

ки находятся внутри корональных дыр, а высокоскоростной ветер вылетает по краям так называемых больших ячеек Бернара (ячейки конвекции), показанных черным.



NASA/ESA

D. HASSLER (SRIL), SOHO, ESA/NASA

рывов и «штормов», способных вызывать перегрузки в электрических сетях, нарушение спутниковой связи и представляющих потенциальную опасность для космонавтов.

ЛОВЯЩИЕ ВЕТЕР

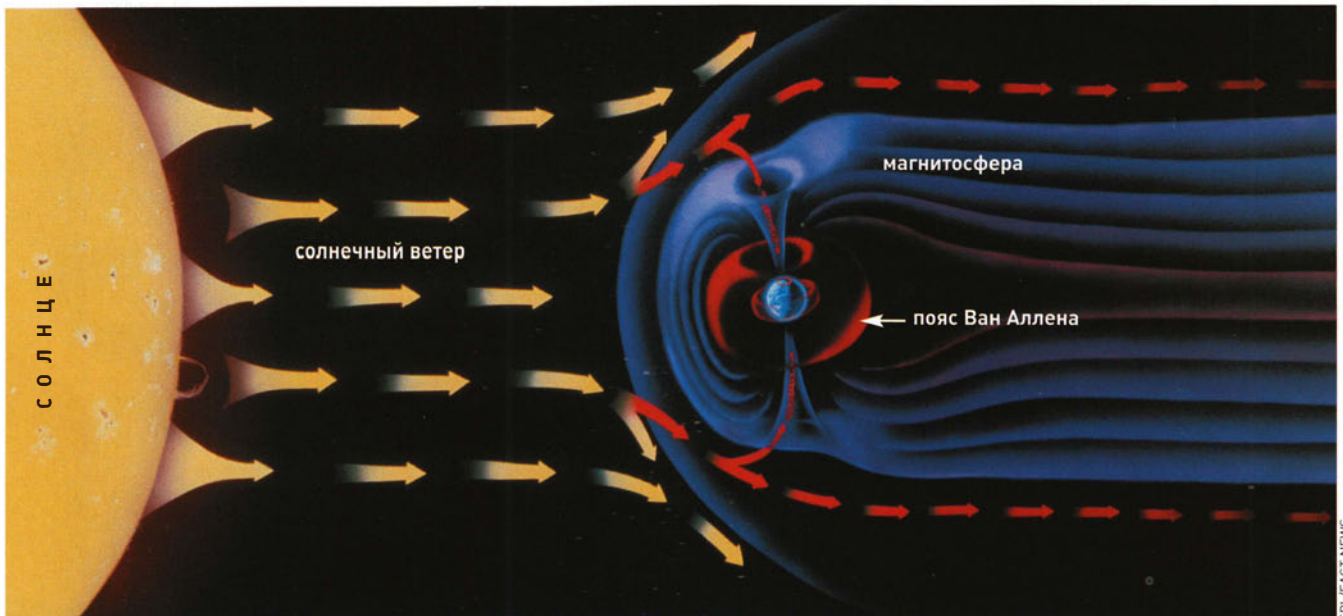
Первые образцы солнечного ветра доставили на Землю с Луны аппараты Apollo. Верный спутник нашей планеты, не имеющий ни атмосферы, ни магнитного поля и вследствие этого не способный защитить себя от солнечного ветра, оказался очень подходящим местом для сбора его образцов. В направлении Солнца экипажами Apollo были развернуты на шесте листы алюминиевой фольги. Они экспонировались на Солнце, поглощая частицы солнечного ветра. Полученные в ходе эксперимента образцы были доставлены на Землю для точного лабораторного анализа. Так впервые произошло прямое определение состава солнечного вещества. После получения точных отношений числа атомов водорода к числу атомов гелия выяснилось, что и солнечный ветер, и солнечная корона имеют дефицит гелия по сравнению с его обилием в космическом пространстве. Были также измерены изотопы легких благородных газов, таких как гелий, неон и аргон. А в конце 60-х годов прошлого



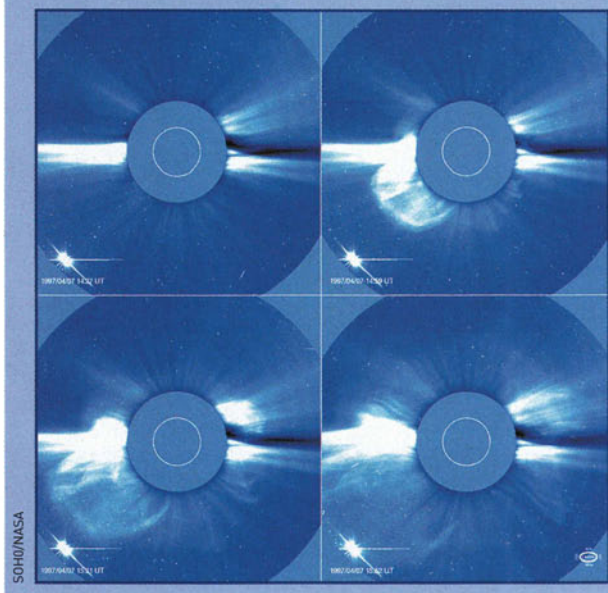
В ходе лунной экспедиции Apollo-11 астронавт Баз Олдрин вручную ловит частицы солнечного ветра.

APOLLO-11/NASA

▲ Экипажами Apollo были развернуты на шесте листы алюминиевой фольги размером 1,4 м на 0,3 м, которая экспонировалась на Солнце, позволяя проникнуть внутрь частицам солнечного ветра. В первый раз (Apollo-11) время экспозиции составило 77 минут, а во второй (Apollo-16) — уже 45 часов. И в том, и в другом случаях фольга затем была доставлена на Землю для точного лабораторного анализа.



SPL/EA/ST NEWS



SOHO/NASA

▲ Изображение показывает взаимодействие магнитосферы Земли с солнечным ветром. Магнитосфера — внешнее магнитное поле Земли — под действием солнечного ветра вытягивается в сторону, противоположную Солнцу, на миллионы километров. Некоторые частицы солнечного ветра проникают в магнитосферу. Одни, по спирали приближаясь к магнитным полюсам, создают в атмосфере полярные сияния, в то время как другие захватываются магнитным полем в пояс Ван Аллена — внутренний радиационный пояс Земли (красная область, по форме напоминающая пончик).

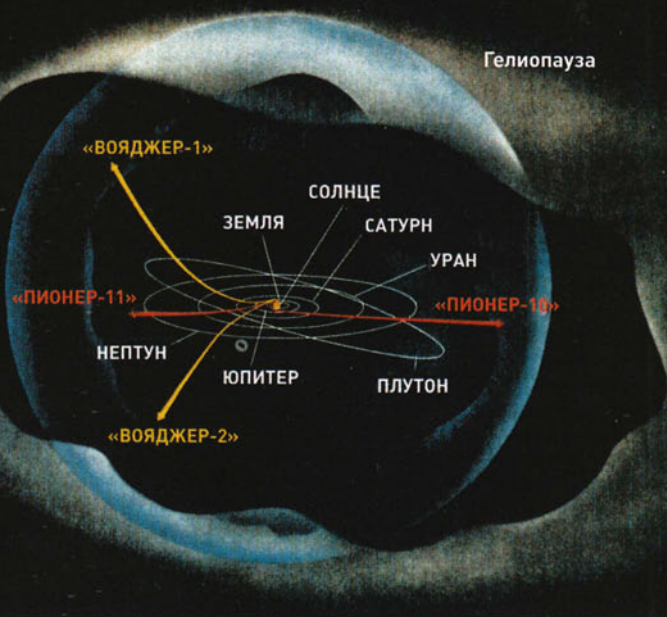
◀ Последовательность изображений, сделанная при помощи коронографа обсерватории SOHO, показывает большой выброс корональной массы, произошедший 7 апреля 1997 года. Коронограф — это устройство, позволяющее наблюдать более слабую солнечную атмосферу при блокированной яркости самого Солнца. Круг на изображениях показывает, где должно быть Солнце. На первом кадре — корона перед

самым выбросом. Первая стадия выброса показана в правом верхнем углу. Затем выброс превращается в «гало»: на четвертом изображении можно видеть увеличение яркости вокруг Солнца по всем направлениям. Выброшенное вещество достигло Земли в ночь с 10 на 11 апреля и вызвало значительное увеличение геомагнитной активности, которое наблюдалось в северных районах по всему земному шару.

ЗАГРАНИЧНЫЙ ВОЯЖ

Космические станции Pioneer или Voyager могут вскоре пересечь гелиопаузу — границу между областями, заполненными солнечным ветром и межзвездным газом, и выйти за пределы Солнечной системы. В настоящее время они находятся на гелиоцентрических расстояниях в несколько десятков астрономических единиц, а к 2010 году будут передавать информацию с расстояний, насчитывающих более сотни астрономических единиц. То есть с тех расстояний, на ко-

торых, как предсказывают некоторые модели, наиболее сильно проявляются эффекты взаимодействия солнечного ветра с межзвездным газом. К сожалению, запуск специализированного космического аппарата «Межзвездный зонд», основной целью которого как раз и является исследование таких удаленных областей околосолнечного космического пространства, который был запланирован в США на конец XX века, отложен на более поздний срок.



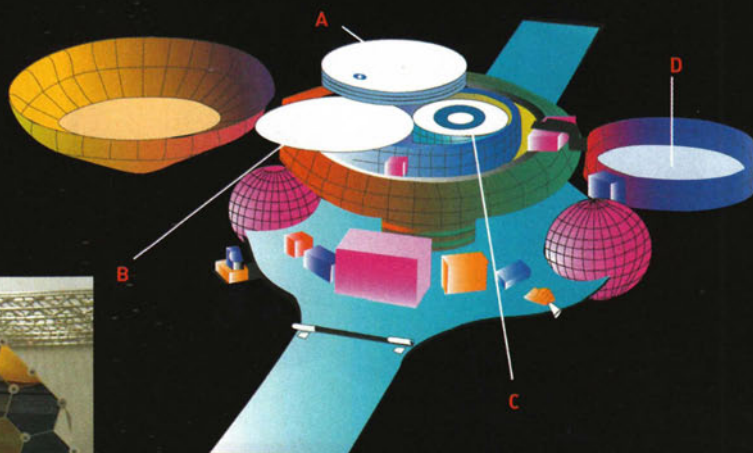
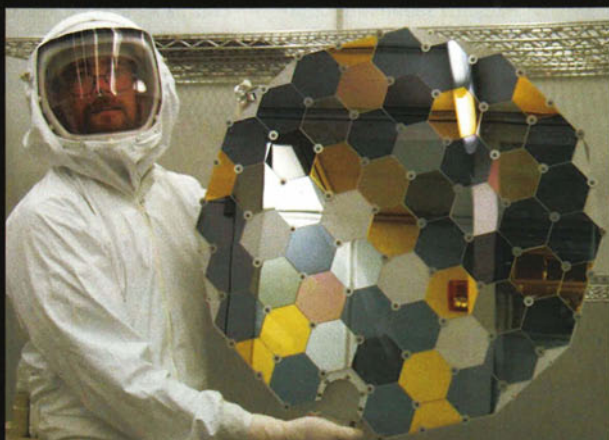
столетия спутник Vela обнаружил в солнечном ветре кислород, углерод, неон, кремний и железо.

В наши дни «в погоню» за солнечной материей отправился аппарат Genesis. Его траектория была выбрана таким образом, чтобы корабль и его научные инструменты находились на достаточном удалении от геомагнитного поля Земли, что позволит собрать частицы солнечного ветра до их взаимодействия с магнитным полем нашей планеты. Целых два года из запланированных трех Genesis будет собирать солнечную материю. Самое большое значение в его работе придается исследованию изотопов кислорода, который, после водорода и гелия, является в Солнечной системе самым распространенным элементом. Всего же Genesis соберет от 10 до 20 мкг элементов солнечного ветра — а это вес нескольких крупинок соли, — представляющих интерес для ученых. Капсула с пробами вещества отделится от кос-

мического аппарата в 2004 году и будет доставлена на Землю для высокоточных измерений его химического и изотопного составов. Каталогизированные пробы, которые предполагается хранить в сверхчистых условиях, будут доступны для исследования учеными всего мирового сообщества. Возможно, что частицы солнечного ветра смогут приблизить человечество и к решению загадки зарождения жизни, ведь согласно предположению некоторых астрофизиков частицы космической пыли, окружающие нашу планету, после воздействия на них солнечного ветра могут превращаться в органические «кирпичики жизни», способные проникать сквозь земную атмосферу, не сгорая в ней. И хотя окончательно влияние солнечного ветра на возникновение жизни не доказано, ни у кого не вызывает сомнения тот факт, что все живое на Земле зависит от Солнца.

ЛЮДМИЛА КНЯЗЕВА

▼ Энди Стоун из Лаборатории реактивного движения NASA демонстрирует коллектор для сбора солнечного вещества, установленный на Genesis. Частицы солнечного ветра, сталкиваясь с космическим аппаратом, будут погружаться в специально сконструированный коллектор, состоящий из шестиугольных тонких кристаллических пластин, сделанных из очень чистых материалов, таких как кремний, германий и даже алмаз.



▲ На Genesis установлен комплект из 5 раскрывающихся коллекторов для сбора оседающего на их поверхность солнечного вещества. Два из них (A, B) экспонируются в постоянном режиме, купаясь в потоке солнечного ветра и собирая его образцы. А одна из трех матриц-коллекторов (C) раскрывается для сбора особых частиц (попадающих в космическое пространство при истечении корональных масс или высокоскоростного ветра). Каждая матрица коллектора состоит из 54 шестиугольных частей с длиной стороны 10 см. Заполненные коллекторы закрываются от дополнительного излучения (D).