



## Полеты автоматических межпланетных станций\*

С.А. ГЕРАСЮТИН

В 2014 г. в межпланетном космическом пространстве функционировали 22 автоматические межпланетные станции США, ESA, Японии, Индии и Китая, в том числе – луноход и два марсохода. Космические аппараты работали на орбитах искусственных спутников Марса (5), Луны (2), Меркурия, Венеры, Сатурна



и ядра кометы Чурюмова – Герасименко. Продолжается полет трех АМС к Юпитеру, Плутону и карликовой планете Церере. В обзор вошли важные открытия, сделанные в ходе полетов АМС, и новые сведения о природе небесных тел.

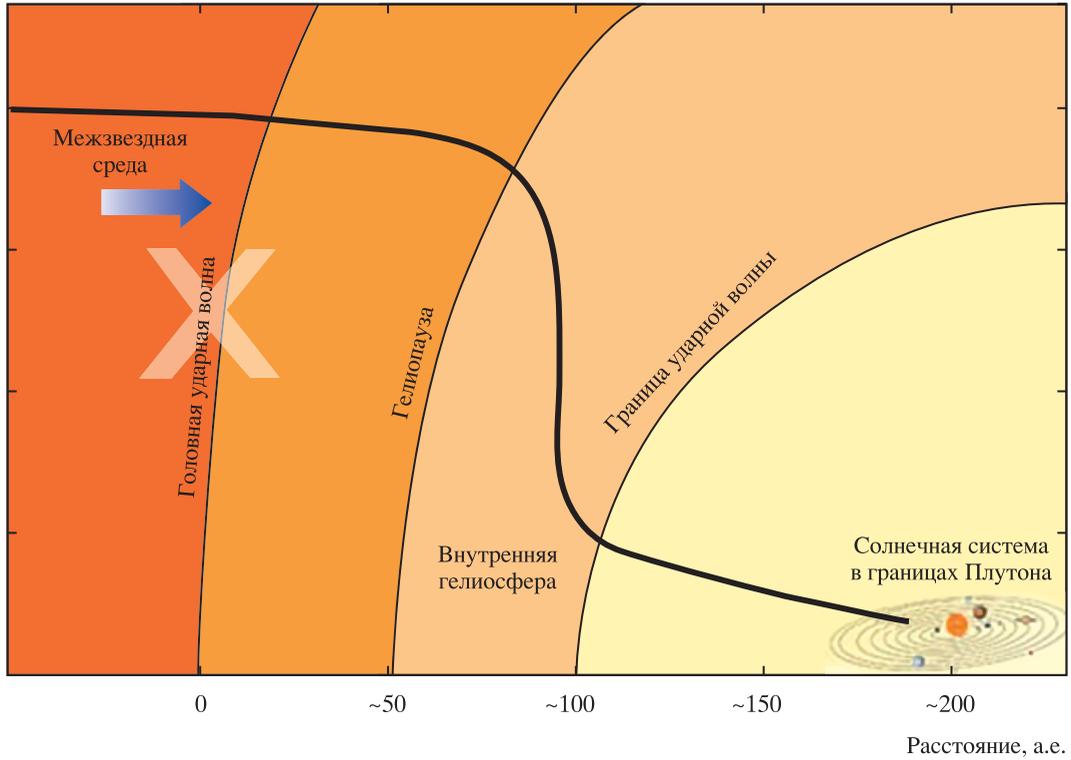
1. “Вояджер-1 и -2” (“Voyager-1/2”, США). Станции запущены 5 сентября и 20 августа 1977 г. (Земля и Вселенная, 1978, № 2). Напомним, что в декабре 2004 г. и августе 2007 г. АМС “Вояджер-1 и -2” достигли порога Солнечной системы – гелиопаузы (границы гелиосферы), за ее пределами начинается

межзвездная среда. 28 июля 2012 г. “Вояджер-1” вошел в область гелиопаузы, где частицы солнечного ветра улетают в межзвездное пространство, а звездный ветер входит внутрь гелиосферы. Формирование ударной волны и переходного слоя на границе магнитосферы аналогично тому, как происходит обтекание солнечным

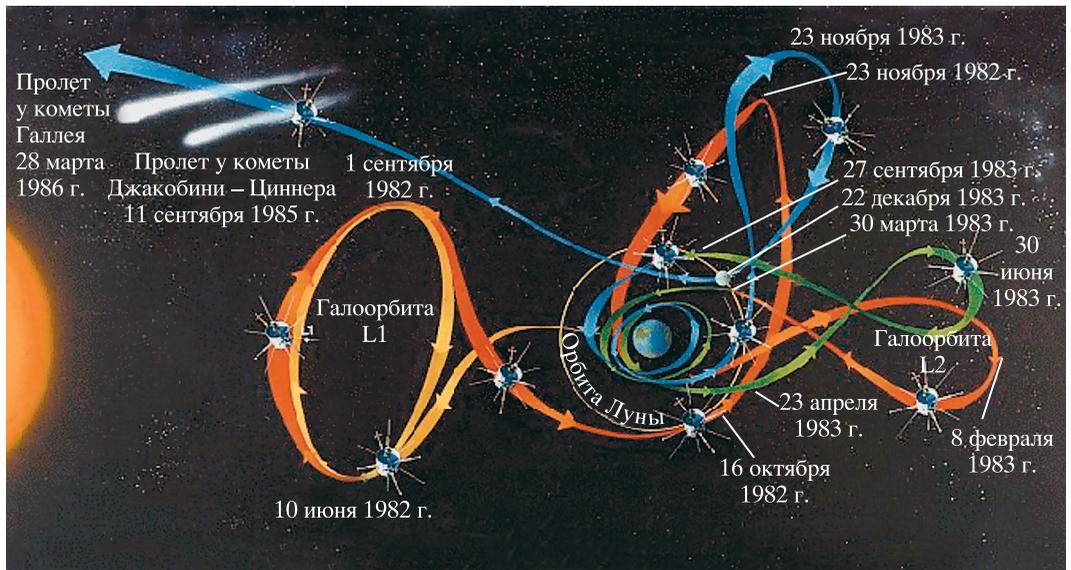
ветром магнитосферы Земли. Последним индикатором выхода за пределы гелиосферы стала смена направленности магнитного поля. 12 сентября 2013 г. NASA подтвердило, что “Вояджер-1” пересек границу гелиопаузы и стал первым космическим аппаратом, окончательно покинувшим Солнечную систему.

\* Продолжение. Начало см.: 1995, № 5; 1996, № 3; 1997, № 4; 1998, № 3; 1999, № 3; 2000, № 4; 2001, № 5; 2003, № 1; 2004, №№ 1, 3; 2005, № 2; 2006, № 3; 2007, № 5; 2008, №№ 1, 5; 2009, № 2; 2010, № 2; 2011, № 4; 2012, № 6; 2013, № 5.





Строение гелиосферы. На ее границе сейчас находятся АМС "Вояджер-1 и -2". Рисунок NASA.



Траектория полета АМС "ICE" ("ISEE-3", ESA – NASA). 1978–1986 гг. Рисунок NASA.





За гелиопаузой “Вояджер-1” обнаружил “стену” из межзвездной плазмы, плотность которой в 40 раз больше плотности внутри гелиопаузы. Второе открытие – сжатое межзвездное магнитное поле, огибающее гелиопаузу. “Вояджер-1” также измерил энергетический спектр (около 300 МэВ) низкоэнергичных протонов галактических космических лучей в межзвездной среде. Внутри гелиосферы эти частицы “выметаются” солнечным ветром. “Вояджер-1” обнаружил, что наибольший поток у частиц с энергиями порядка 30 МэВ, что в 10 раз меньше энергии частиц галактического ветра.

Обе станции продолжают удаляться за пределы гелиосферы со скоростью 17,08 км/с (“Вояджер-1”) и 15,52 км/с (“Вояджер-2”). К началу 2015 г. “Вояджер-1” находился на расстоянии 19,48 млрд км (130,23 а.е.) от Земли, сигнал от него идет 18 ч 03 мин, “Вояджер-2” – 16,01 млрд км (107,02 а.е.) и 14 ч 11 мин соответственно. С обеими станциями поддерживается связь, они передают информацию со скоростью 160 бит/с.

**2. “ICE” (“ISEE-3”, ESA – NASA).** Космический аппарат “ISEE-3” (International Sun-Earth Explorer – международный солнечно-земной исследователь) массой 479 кг запущен 12 августа 1978 г. с космодрома Канаверал (Земля и Вселенная, 1986, № 3, с. 103–104). Напомним, что это первый КА, занявший стационарную по-

зицию в точке Лагранжа L1 (1,5 млн км от Земли), продемонстрировав возможность таких маневров. В 1982 г. “ISEE-3” (13 научных приборов) завершил программу исследования наиболее удаленных областей магнитосферы и характеристик солнечного ветра. Затем его переименовали в АМС “ICE” (International Cometary Explorer – международный исследователь комет) и по дополнительной программе использовали при пролетах комет Джакобини – Циннера (11 сентября 1985 г.) и Галлея (28 марта 1986 г.). В 2008 г. NASA использовало сеть дальней космической связи, чтобы определить расположение “ICE”. Выяснилось, что АМС находится в рабочем состоянии с момента последнего сеанса связи в 1999 г. Дальнейшие исследования показали, что большинство приборов на ее борту работоспособны, а в топливных баках еще есть топливо. В мае 2014 г. группе энтузиастов удалось установить связь с АМС “ICE” и включить ее двигатели ориентации. 10 августа 2014 г. станция выполнила гравитационный маневр около Луны, пролетела в 15,6 тыс. км от нее и вышла на гелиоцентрическую орбиту: высота –  $1,03 \times 0,93$  а.е., наклонение –  $0,1^\circ$  и период обращения – 355 сут. Планируется продолжить сбор данных о магнитосфере Земли и солнечном ветре.

**3. “Кассини-Гюйгенс” (“Cassini-Huygens”, NASA – ESA).** 15 октября 1997 г. АМС стартовала, 1 июля 2004 г. вышла на орбиту

искусственного спутника Сатурна (Земля и Вселенная, 2004, № 6, с. 70–72). За 10 лет работы на орбите Сатурна станция передала на Землю около 1 млн фотографий и много научной информации. В 2014 г. станция находилась на рабочей орбите, ее параметры: апоцентр – 1,07–4,4 млн км, перицентр – 658–810 тыс. км, период обращения – 31–39 сут. К началу 2015 г. АМС совершила 211 оборотов вокруг Сатурна. В 2014 г. (200–211-й витки) собирали данные в основном о Титане (97–105-й облеты), полярных областях планеты, ее кольцах и магнитосфере.

В 2013–2014 гг. АМС “Кассини” продолжила изучение и съемку мощнейшего, длительного, колоссального по масштабам урагана на Северном полюсе Сатурна, начавшегося в конце 2006 г. и охватившего большую часть планеты (Земля и Вселенная, 2007, № 4, с. 91; 2012, № 1, с. 107–108). Гексагональное атмосферное образование диаметром около 25 тыс. км, в два раза больше Земли, вращается со скоростью 530 км/ч. Вертикальные атмосферные потоки формируют волны плотности, вращающиеся вокруг полярной области на широте  $77^\circ$ . Во время шторма повышается электрическая активность в атмосфере. Замечено, что за последние годы динамические процессы в атмосфере Сатурна усилились.

Планетологи обратили внимание на узкое и хаотичное кольцо F, которое особенно быстро меняется.





Фрагмент карты Северного полюса Титана. Карта составлена из множества снимков АМС “Кассини”, полученных в 2005–2013 гг. NASA/JPL/ASI/USGS.

Напомним, что кольцо F вращается вокруг Сатурна в месте, очень близком к пределу Роша, поэтому приливные силы планеты разрывают рыхлые спутники, затем под воздействием силы взаимного притяжения частицы собираются в единую массу, образуя сгустки. Сравнение данных о свойствах этого кольца, полученных “Вояджерами”, с результатами наблюдений “Кассини” последних лет, показывает резкое уменьшение числа ярких сгустков. Если “Вояджеры” видели два-три ярких сгустка за короткое время пролетов, то за шесть лет работы “Кассини” удалось только дважды обнаружить сгустки. Остальные кольца Сатурна демонстрируют заметную эволюцию в течение десятилетий, а коль-

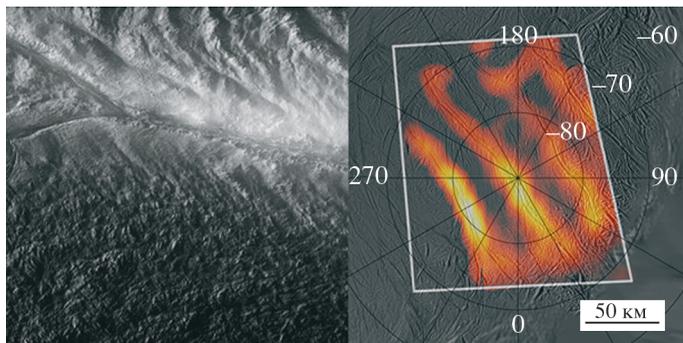
цо F может меняться за дни и даже часы. Причина этого – столкновение крохотных спутников размером до 1 км с наиболее плотными частями кольца, чьи траектории проходят рядом с кольцом и пересекают его орбиту. Сгустков стало меньше из-за редкого попадания мелких спутников в кольцо F. Отвечает за их исчезновение спутник Прометей размером 86 км. Каждые 17 лет орбита Прометея становится близкой к орбите кольца F, в эти моменты его влияние становится особенно сильным. С течением времени количество сгустков становится все меньше, поскольку маленькие рыхлые спутники постепенно разрушаются во время столкновений.

В течение 2014 г. АМС “Кассини” 11 раз облетела

Титан (диаметр – 5150 км): 1 января, 2 февраля, 6 марта, 7 апреля, 17 мая, 18 июня, 20 июля, 21 августа, 22 сентября, 24 октября и 10 декабря. Станция выполнила 100 пролетов мимо Титана, в ходе которых продолжила накапливать сведения о динамике атмосферы и гидрологических процессах: ИК-спектрометр VIMS картографировал его поверхность, велась съемка и радарное зондирование.

Изучение изотопного состава азота в атмосфере Титана показало, что вещество спутника сконденсировалось при очень низких температурах, характерных для объектов облака Оорта, то есть 4,5 млрд лет назад. Ученые исключили возможность того, что блоки вещества, из которых впо-





“Тигровые полосы” в Южной полярной области Энцелада. Поверхность вблизи гейзеров покрыта снегом, кристаллическим льдом и крупными ледяными блоками. Справа – наложение изображений в видимом и тепловом ИК-диапазоне. Температура наиболее ярких участков – 113–157 К. АМС “Кассини”, 2010–2012 гг. Фото NASA.

следствии сформировался Титан, возникли в сравнительно теплом пылевом диске, окружавшем юный Сатурн. Это говорит о том, что твердая оболочка Титана появилась на заре образования Солнечной системы в очень холодном газопылевом диске, который стал местом рождения ядер комет.

В районе Северного полюса Титана водоемов больше всего – моря Кракена и Лигейя, около 400 озер разных форм и размеров, это 70% площади поверхности спутника. Некоторые озера дают начало рекам, в другие реки впадают. У озер берега почти отвесные, возможно, наполняющая их жидкость выталкивает твердые породы наверх. Определен химический состав озер: этан – 76–79%, пропан – 7–8%, метан – 5–10%, цианид водорода – 2–3%, бутен, бутан и ацетилен – около 1%. На основе гравитационной карты Титана, построенной по данным “Кассини”, ученые выдвинули предположение, что жидкость на глубине около 100 км отличается повышенной плотностью и экстремальной соленостью. Скорее всего, она представляет собой рассол, содержа-

щий натрий, калий и серу. Сильная соленость океана делает практически невозможным существование в нем жизни. Над Южным полюсом Титана простирается туман, образующийся при испарении метана, который наполняет его многочисленные озера. По мере того как метан будет испаряться, образующиеся метановые облака будут перемещаться к Северному полюсу Титана. В 2015 г. в этой части спутника начнется лето, в 2017 г. – период летнего солнцестояния.

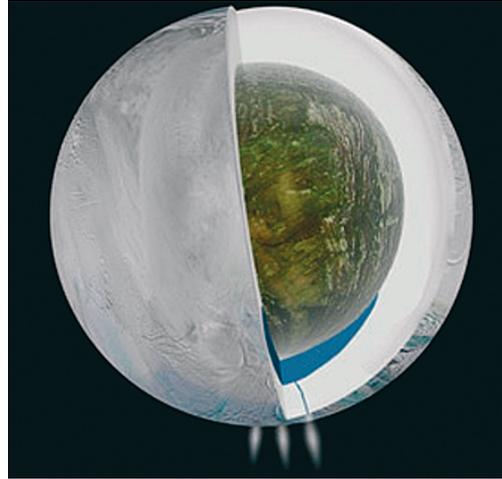
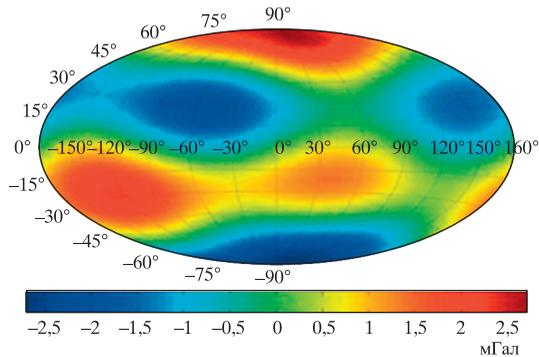
Метан на Титане легко разрушается под воздействием солнечного света, поэтому для поддержания уровня этого газа в атмосфере необходим какой-то постоянный источник. На Земле это живые организмы и геологические процессы (например, вулканы). На Титане метан появляется во время таяния замерзших залежей этого вещества под поверхностью. Установлено, что в настоящее время метанового льда на поверхности должно быть в 1200 раз больше, чем в атмосфере.

В 2014 г. АМС “Кассини” передала новые фотографии

Титана, Тефии (1062 км), Мимаса (396 км), Гипериона (266 км) и Прометея – спутника-пастуха кольца F. 23 января и 28 мая станция сделала снимки крошечных спутников – Атласа (32 км) и Пана (28 км), влияющих на структуру кольца A.

На основе данных, полученных “Кассини” при пролетах около Энцелада (504 км), планетологи построили карты его гравитационного потенциала. Им удалось определить скорость “Кассини” с точностью до 0,02–0,09 мм/с (скорость АМС относительно Сатурна и его спутников – десятки километров в секунду). Такую потрясающую точность обеспечил во многом тщательный учет всевозможных, даже очень слабых факторов, влияющих на скорость аппарата. Это позволило уточнить размеры Энцелада, рассчитать распределение массы внутри спутника. Оказалось, что радиус его ядра – 190 км, толщина мантии – 60 км, плотность – 1,61 г/см<sup>3</sup>. Обнаружена большая гравитационная аномалия вблизи Южного полюса Энцелада. Там под ледяной корой находится океан глубиной 10 км, откуда выходит теп-





*Энцелад. Карта аномалий гравитационного поля, составленная по результатам анализа траекторий полета АМС “Кассини” вокруг Сатурна. Справа – модель внутреннего строения Энцелада на основе данных “Кассини”. Рисунки NASA/JPL.*

ловой поток. Поверхность Энцелада покрыта следами тектонической активности: складками, разломами, бороздами, указывающими на интенсивную деформацию коры и внутренние конвективные процессы. Мощные выбросы водяного пара с кристаллами льда поднимаются на высоту 100 км из “тигровых полос” – четырех относительно свежих разломов около Южного полюса Энцелада (Земля и Вселенная, 2006, № 4, с. 110–111; 2007, № 4, с. 83; 2012, № 6, с. 25–26). Места, в которых расположено более 100 гейзеров, нагреты до 113–157 К, что значительно выше температуры остальной поверхности спутника, не превышающей 75 К. Если на Европе, Ганимеди, Каллисто и Титане есть жидкая вода, то условия там с точки зрения пригодности для жизни сильно уступают условиям на Энцеладе из-за высокого давления внутри водоемов

и недостатка минеральных веществ.

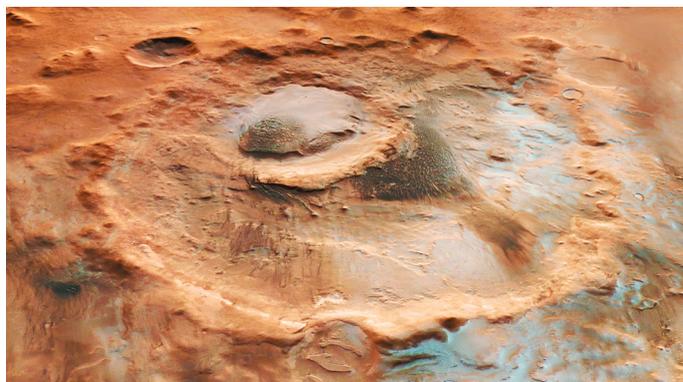
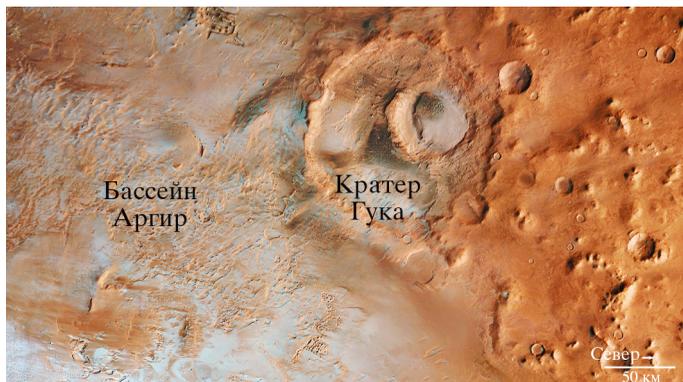
Работу “Кассини” продолжили до сентября 2017 г.

**4. “Марс Одиссей” (“Mars Odyssey”, США).** АМС запущена 7 апреля 2001 г., 24 октября 2001 г. она вышла на орбиту искусственного спутника Марса (Земля и Вселенная, 2002, № 3, с. 26; 2003, № 1, с. 78–79). В июле 2012 г. орбита АМС была скорректирована для передачи информации от марсохода “Кьюриосити”, в настоящее время станция находится на круговой орбите: высота – около 400 км, наклонение – 93,2°, период обращения – 1,96 ч.

В течение 12 лет продолжают исследования залегания водяного льда под поверхностью планеты с использованием российского нейтронного спектрометра HEND. Длительная работа на полярной круговой орбите позволила построить глобальную карту спек-

тральной плотности потока нейтронов от Марса (энергетический диапазон 0,4 эВ – 15 МэВ). По данным HEND построена глобальная карта распределения водяного льда и связанной воды, определена массовая доля водяного льда и химически связанной воды, оценены глубины залегания водосодержащих слоев. Исследования показывают, что в прошлом по его поверхности текли реки, а большие участки сегодняшней суши, возможно, занимали океаны. В современных климатических условиях жидкая вода на поверхности Марса не может существовать долго, но под поверхностью в высоких широтах планеты сохранился водяной лед, а на умеренных и экваториальных широтах вода находится в связанном виде. Это физически связанная вода (на поверхности частиц грунта) или химически связанная вода (в составе гид-





*Кратер Гука диаметром 138 км и глубиной 2,4 км (46° ю.ш. и 316° в.д.), расположенный около бассейна Аргир (Argyre Planitia), состоит из двух ударных кратеров. Изображение получено 20 апреля 2014 г. стереокамерой HRSC АМС "Марс Экспресс" (разрешение – 63 м). Север – справа. Внизу – трехмерная реконструкция этого снимка. Фото ESA.*

ратированных минералов). С помощью HEND ученые непрерывно следили за сезонными вариациями углекислого газа в атмосфере и воды в верхнем приповерхностном слое грунта в течение цикла сезонов и сравнивали наблюдаемые вариации с предыдущими марсианскими сезонными циклами. К настоящему времени накоплены данные более чем за шесть циклов.

Старейший из действующих ИСМ, "Марс Одиссей",

начал менять свою орбиту, чтобы дать ученым возможность провести систематические наблюдения за утренними туманами и инеем на поверхности Марса. Ранее его траектория проходила через полюса планеты и синхронизирована с Солнцем таким образом, что он наблюдал дневную сторону примерно в 4 часа вечера по местному времени. Нагретая Солнцем поверхность Марса сильнее излучает в инфракрасном диапазоне,

что облегчает работу по изучению минералов прибору THEMIS. Орбиты всех других ИСМ построены так, чтобы спутники наблюдали Марс при полном освещении, поэтому обозреть поверхность утром они не могут.

Маневр по смене орбиты начался 11 февраля 2014 г., сейчас АМС "Марс Одиссей" приближается к утренним орбитам. Как ожидается, желаемая конфигурация будет достигнута в ноябре 2015 г., после чего необходимо будет остановить дрейф. Планируется исследовать, как меняется температура марсианского грунта после восхода Солнца и после заката, изучить поведение загадочных темных полос, которые могут быть ручьями из соленой воды, посмотреть, как тает углекислотный лед, как возникают и исчезают утренний туман и облака на Марсе. Исследователи намерены выяснить, как эти явления ведут себя в разные сезоны.

Работа АМС "Марс Одиссей" продлена до 2016 г.

**5. "Марс Экспресс"** ("Mars Express", ESA). АМС стартовала 2 июня 2003 г., 25 декабря того же года вышла на орбиту искусственного спутника Марса (Земля и Вселенная, 2003, № 5, с. 54; 2004, № 1, с. 35–36). Сейчас станция находится на эллиптической орбите, высота которой  $298 \times 10,1$  тыс. км, наклонение –  $86^\circ$ , период обращения – 6,7 ч. Напомним, что с июня 2011 г. радар MARSIS просвечивает северную полярную область Марса. Из семи приборов, установлен-





ных на аппарате, три (спектрометры OMEGA, PFS и SPICAM) изготовлены российскими специалистами. Важнейшие данные, полученные с помощью российских приборов, касаются геохимии и атмосферной химии.

Многие снимки, сделанные стереокамерой высокого разрешения HRSC, показывают следы бурных процессов, происходивших в древние эпохи. Например, на снимке в регионе Южного полушария Марса был обнаружен небольшой кратер, на стенках которого видны прекрасно сохранившиеся овраги и следы селевых потоков. Свойства деталей рельефа указывают на то, что потоки сформировались под влиянием жидкой воды совсем недавно по геологическим меркам – 200 тыс. лет назад. Кратер образовался уже после окончания предполагаемого ледникового периода на Марсе, который закончился около 400 тыс. лет назад. На снимке 20 апреля 2014 г. на 13 082-м витке запечатлен двойной кратер Гук диаметром 138 км и глубиной 2,4 км (46° ю.ш. и 316° в.д.), расположенный около северного края бассейна Аргир (Argyre Planitia) шириной 1800 км. Это одна из самых больших ударных структур на Марсе, возникшей при падении гигантского тела приблизительно 4 млрд лет назад. Кратер назван в честь английского физика и астронома Р. Гука (1635–1703). Он включает две различные геологические структуры, возникшие

от столкновения с небесными объектами: меньший кратер умещается внутри большого, который возник раньше. В центре меньшего кратера находится насыпной выпуклый холм с темными дюнами, образованный, возможно, отложениями песка и водяного льда. Рельеф местности влияет на течение ветров, образуя ловушку для песка и способствуя формированию дюн и линейных деталей рельефа – яранг. К югу от кратера Гука замечен тонкий слой углекислотного инея, покрывающего равнины.

19 октября 2014 г. сделаны снимки кометы C/2013 A1 (Siding Spring), пролетевшей в 11 тыс. км от Марса.

Исследования Марса продлены до 2016 г.

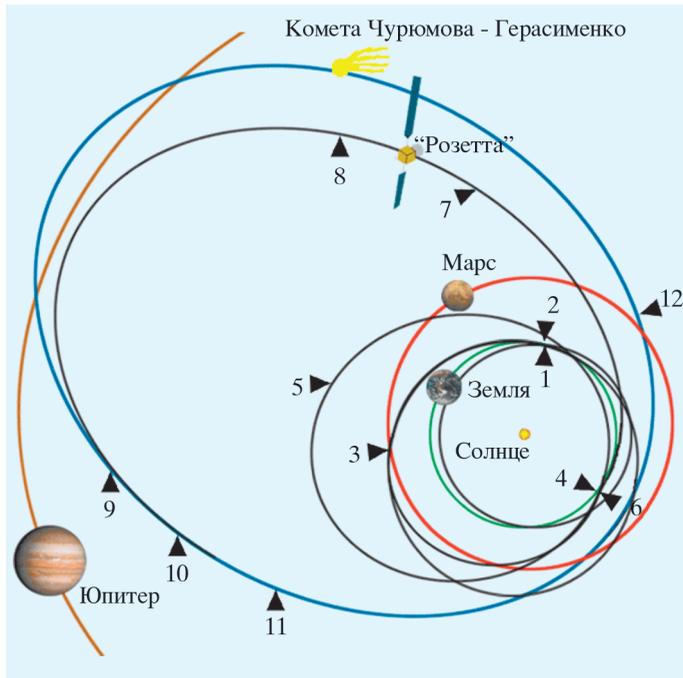
**6. “Оппотьюнити” (“MER-2”, США).** Марсоход “Оппотьюнити” (“Opportunity”) запущен 25 июня 2003 г., 25 января 2004 г. совершил мягкую посадку на Марс (Земля и Вселенная, 2004, № 1, с. 31, 36–37). “Оппотьюнити” продолжает исследования уже более 10 лет, время его работы превысило запланированное в 40 раз(!), он проехал 40,2 км. Рекорд пока принадлежит “Луноходу-2”, который в 1973 г. проехал 42 км. Марсоход сделал тысячи фотографий, обследовал почти десяток кратеров, определил состав пород, впервые обнаружил метеориты и получил неопровержимые доказательства существования воды на Марсе.

Ограничение, которое специалисты считали клю-

чевым при расчете гарантированного времени работы “Оппотьюнити”, было связано с работой солнечных батарей – единственного источника питания. Даже самые совершенные солнечные батареи на Марсе постепенно покрываются пылью, и со временем их эффективность падает настолько, что аппарат уже не сможет обеспечивать потребности в энергопитании. Чувствительная электроника спрятана в теплоизолированном отсеке, который необходимо подогревать: ночью температура падает до –90°. Скопление пыли на солнечных панелях должно было привести к тому, что марсоход сначала перестал бы двигаться, а затем замерз. Этого не случилось, так как пыль легко сдувается ветром, особенно зимой. В 2013 г. эффективность батарей была 47%, а после “обдува” в 2014 г. она выросла до 60%.

Марсоход несколько месяцев исследует хребет Мюррея (Murray Ridge) в древнем 22-км ударном кратере Эндевор (Endeavour), в котором работает с августа 2011 г. Взобравшись на холмы, 18 апреля и 15 августа 2014 г. он произвел панорамную съемку местности. Затем марсоход двинулся дальше на юг к хребтам, образующим западную кромку кратера Эндевор. В августе 2014 г. бортовой компьютер “Оппотьюнити” самопроизвольно перезагружался более 10 раз. Это очень мешает научным исследованиям, поскольку





Траектория полета по гелиоцентрической орбите АМС “Розетта”: 1 – запуск в марте 2004 г., 2 – первый пролет у Земли в марте 2005 г., 3 – пролет мимо Марса в феврале 2007 г., 4 – второй пролет у Земли, 5 – сближение с астероидом Штейнс в сентябре 2008 г., 6 – третий пролет у Земли в ноябре 2009 г., 7 – сближение с астероидом Лютеция в июле 2010 г., 8 – перевод в “спящий” режим в июле 2011 г., 9 – “пробуждение” АМС в январе 2014 г., 10 – выход на орбиту кометы в августе 2014 г., 11 – посадка спускаемого аппарата на поверхность ядра кометы в ноябре 2014 г., 12 – завершение программы в августе 2015 г. Рисунок ESA.

восстановление после каждой перезагрузки занимает 1–2 сут. Чтобы очистить флэш-память компьютера, в сентябре проведено ее реформатирование. В планах марсохода – изучение богатой алюминием глины, которая была обнаружена по снимкам с орбиты.

Работа марсохода “Оппортюнити” продлена до конца 2015 г.

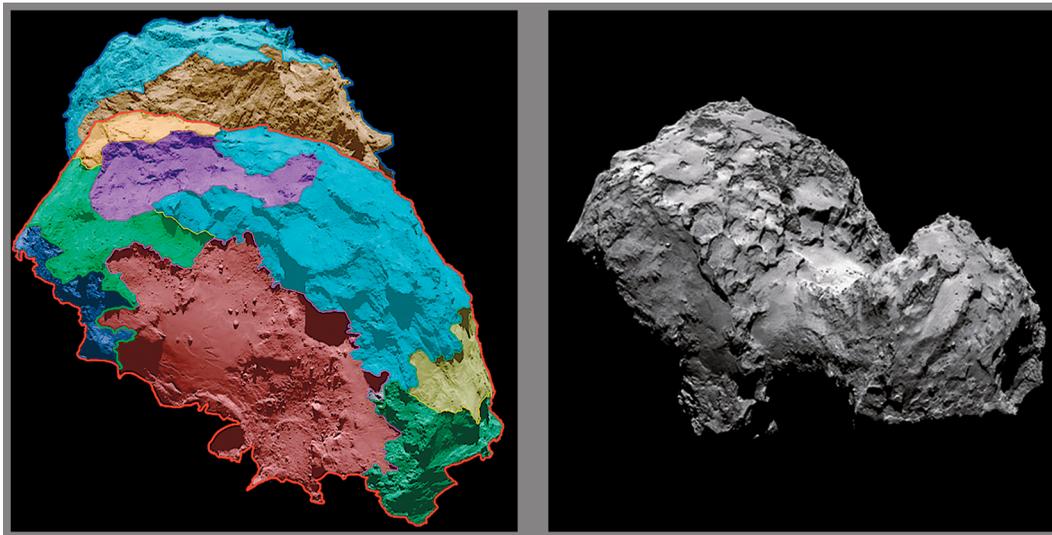
**7. “Розетта” (“Rosetta”, ESA).** АМС запущена

42

2 марта 2004 г. (Земля и Вселенная, 2004, № 4, с. 47–49). С мая 2011 г. по январь 2014 г. “Розетта” находилась в “спящем” режиме, за 10 лет сделала три витка вокруг Солнца по гелиоцентрической орбите. 20 января 2014 г. она “проснулась” по сигналу внутреннего таймера, до ядра кометы 67Р Чурюмова – Герасименко оставалось 28 тыс. км, скорость сближения – 48 м/с. 2 июля проведена очередная

коррекция траектории полета, скорость относительно кометы уменьшилась на 25,8 м/с. В июле “Розетта” получила первые данные о комете, определив, что ядро имеет неправильную форму. В это время комета еще не была активна, она находилась на расстоянии 544 млн км от Солнца, между орбитами Марса и Юпитера. Истечение водяного пара происходило со скоростью 0,3 л/с, температура была близка к  $-70^{\circ}\text{C}$ . По мере приближения к Солнцу темпы дегазации ядра возросли. Постепенный нагрев ядра приведет к сублимации льда, истечению газа и пыли, формированию комы кометы. 3 августа на дистанции 285 км до ядра кометы сделан первый снимок с разрешением 5,3 м, изучение кометы ведется с использованием 11 научных приборов. 7 августа АМС приблизилась к ядру кометы на 100 км, 17 августа она вышла на “треугольную” орбиту вокруг ядра высотой около 80 км – впервые в истории! Измерены состав и плотность комы, передано уже более 40 тыс. спектров. Ударный анализатор и аккумулятор пыли зафиксировал испущенные кометой первые частицы из силикатов и органики с незначительными примесями. Местами количество угарного газа примерно равно количеству водяного пара, обнаружены аммиак, метан и метанол. С 24 августа по 3 сентября АМС двигалась по орбите в 50 км от ядра, делая повороты 24, 27 и 31 августа. 3 сентября станция перешла на орбиту картографирова-





*Различные морфологические участки поверхности ядра кометы 67P Чурюмова – Герасименко, по снимкам АМС “Розетта”. 11 сентября 2014 г. Справа – ядро кометы. Снимок сделан 3 августа 2014 г. АМС “Розетта” с расстояния 285 км. Рисунок и фото ESA.*

ния, удаленную от поверхности ядра на 30 км. 18–24 сентября “Розетта” двигалась вокруг ядра по орбите высотой  $28 \times 29$  км, с периодом обращения 13 сут 15 мин. 24 сентября она перешла на орбиту, удаленную от ядра на 20 км, 29 сентября совершила маневр и вышла на рабочую круговую орбиту высотой 6 км.

12 ноября спускаемый аппарат “Филы” (“Philae”, 10 приборов) массой 100 кг совершил посадку на поверхность ядра кометы в области J. В течение 3 сут он передал снимки ее поверхности, просветил недра радаром, пробурил породу на глубину несколько сантиметров, взял пробы грунта и исследовал его морфологические, химические, микробиологические и другие свойства в пироллизерах.

Снимки ядра кометы с разрешением до 75 см (!), полученные с помощью системы обработки изображений OSIRIS (см. стр. 2 обложки), были проанализированы, и в начале сентября была подготовлена карта поверхности с выделением отдельных областей, каждую из которых характеризует особая морфология. Ядро состоит из двух частей, соединенных перешейком. Его масса, оцененная с точностью 10%, –  $10^{13}$  кг, оно вращается, делая оборот за 12,4 ч. На снимках хорошо различаются три типа ландшафтов. Первый тип – очень гладкий: поверхность будто укутана покрывалом из мелкой пыли, скрывшей детали рельефа – кратеры полностью засыпаны материалом. Второй тип – с полями валунов, их особенно много в области перемычки. Третий тип – слоистые по-

роды, расположенные вблизи перемычки на меньшей половине ядра. Необычный рисунок поверхности вызван преимущественной ориентацией хребтов и борозд, что подтверждает большую прочность горных пород в этой области. Есть области, где доминируют утесы, углубления, кратеры, валуны и параллельные борозды. Некоторые из них выглядят давно сформированными, другие появились благодаря активности кометы: обломки, выброшенные газовыми струями, падали на поверхность.

В планах “Розетты” – наблюдать за эволюцией кометы по мере приближения к Солнцу, радиозондировать ядро для изучения ее внутренней структуры, определять температуру различных участков поверхности, плотности и температуры газов в коме. “Розетта” про-





должит следовать за кометой так долго, как только сможет. Комета Чурюмова – Герасименко пройдет перигелий 13 августа 2015 г., в этот момент она будет в 1,29 а.е. (185 млн км) от Солнца.

**8. “Мессенджер” (“Messenger”, США).** АМС запущена 3 августа 2004 г. (Земля и Вселенная, 2004, № 6; 2005, № 2). Напомним, что 18 марта 2011 г. АМС вышла на орбиту вокруг Меркурия, став первым искусственным спутником этой планеты (Земля и Вселенная, 2012, № 2, с. 41). С апреля 2012 г. “Мессенджер” делает три оборота вокруг Меркурия в сутки. С марта 2013 г. высота перицентра орбиты станции посте-

пенно уменьшается, причем точка перицентра находится над Северным полюсом Меркурия. 17 июня 2014 г. “Мессенджер” успешно скорректировал свою орбиту, подняв высоту перицентра с 114 км до 156 км. Из-за возмущений Солнца высота перицентра снова начала снижаться и опустилась до 24,3 км. 12 сентября на станции включили четыре самых мощных двигателя на 2 мин, после чего высота перицентра увеличилась до 94 км, период обращения – до 8 ч. Еще два маневра по подъему орбиты выполнены 24 октября 2014 г. и 21 января 2015 г. В марте 2015 г. станция упадет на поверхность Меркурия.

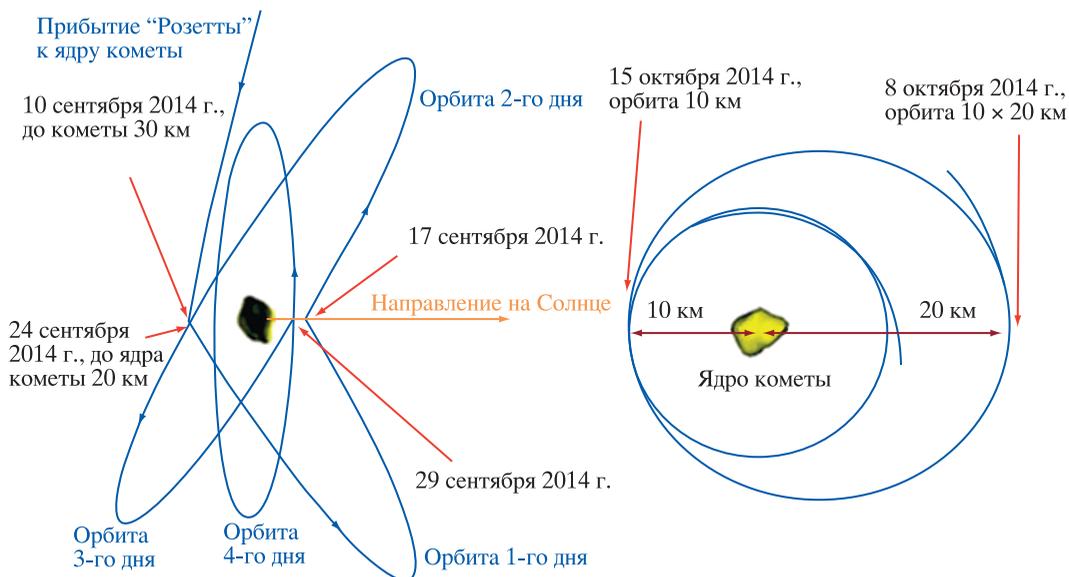
Данные, полученные “Мессенджером”, коренным образом изменили наши представления о геологии Меркурия, природе и характере его вулканизма, истории глобального сжатия планеты. Под поверхностью Меркурия были обнаруже-

ны ямы и пустоты, возникшие при выделении летучих из коры планеты.

Анализ снимков Меркурия, сделанных АМС, показывает, что вулканизм оказал огромное влияние на поверхность планеты. На Меркурии действовали гораздо более мощные вулканы, чем до сих пор считалось. Обнаружены обширные пирокластические потоки пепла, указывающие на возможно вулканическую природу этих участков поверхности. Языки пирокластов иногда удалены от самих впадин на 50 км, что намекает на весьма мощные (даже по земным меркам) взрывные выбросы вулканической природы. Чтобы забрасывать пирокласты столь далеко, магма должна была быть переполнена легкими газами. Как же можно объяснить изобилие в древней магме Меркурия вулканических газов?

На Меркурии есть необычные формы рельефа,

Траектория полета “Розетты” вокруг ядра кометы с 10 сентября по 15 октября 2014 г. Слева – вид сбоку, справа – со стороны Солнца. Рисунок ESA.





отражающие его древнюю тектоническую активность. Проанализировав огромный массив данных и снимки АМС с изображением “дольчатых откосов”, возникающих из-за остывания и сжатия недр планеты, планетологи пришли к выводу, что радиус Меркурия уменьшился на 5–7 км за последние 4 млрд лет. Это означает, что Меркурий “сжимается” в 2–8 раз быстрее, чем предполагалось. Во время этой работы ученые использовали полную топографическую карту поверхности Меркурия, созданную в марте 2013 г.

Солнечный ветер не равномерен, он содержит отдельные потоки и закручивающиеся струи, делающие космическую погоду столь же разнообразной и переменчивой, как погода на Земле. Недавно ученые впервые зафиксировали на Меркурии аномальный горячий поток. Когда солнечный ветер со сверхзвуковой скоростью набегает на магнитосферу или ионосферу планеты, образуется головная ударная волна. Аномальные горячие потоки состоят из частиц очень горячего солнечного ветра, отклоненных этой ударной волной. Подобные потоки уже наблюдались в окрестностях Земли, Венеры, Марса и Сатурна.

В заключительный год работы АМС “Мессенджер” переключилась с глобального обзора всей планеты на изучение отдельных узких участков. Во время съемки поверхности Меркурия с малой высоты и с высоким разрешением изучают-



*Северо-восточный край кратера Сьюз на Меркурии. Дно кратера затоплено лавой, видны загадочные светлые ямы (пустоты). Кратер назван в честь американского детского писателя и художника Теодора Сьюза. Снимок сделан 16 декабря 2013 г. АМС “Мессенджер” (разрешение – 32 м). Фото NASA.*

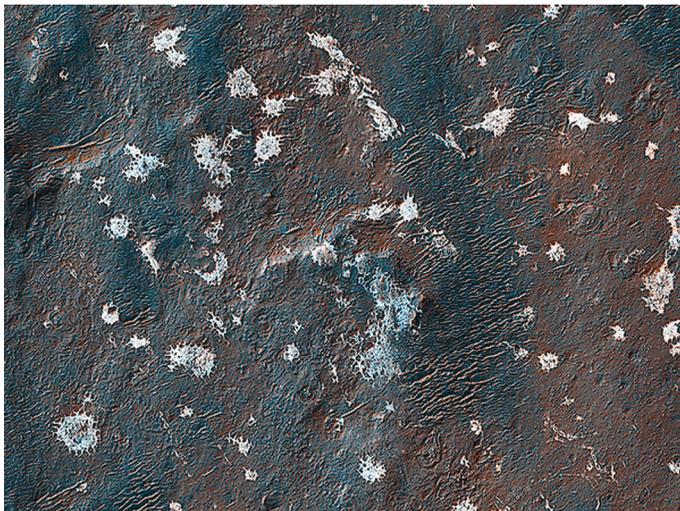
ся фронты вулканических потоков, тектонические особенности, слоистость стенок кратеров. Предполагается определить состав поверхности и магнитное и гравитационное поля Меркурия.

**9. “Дип Импакт” (“Deep Impact”, США).** АМС запущена 12 января 2005 г. (Земля и Вселенная, 2005, № 5). Станция обращается по гелиоцентрической орбите: афелий – 0,91 а.е., перигелий – 1,09 а.е., наклонение – 4,2°, период обращения – 365,4 сут. Напомним, что 4 ноября 2010 г. АМС пролетела около ядра кометы Хартли-2 (103P/Hartley 2) и

передала снимки и спектры ядра кометы (Земля и Вселенная, 2011, № 2). После исследования кометы “Дип Импакт” занимается поисками астероидов по дополнительной программе “Deep Impact/EPOXI”.

**10. “Марсианский орбитальный разведчик” (“Mars Reconnaissance Orbiter”, США).** АМС стартовала 12 августа 2005 г., вышла на орбиту искусственного спутника Марса в октябре 2006 г. (Земля и Вселенная, 2005, № 6, с. 56). Станция передала более 2 тыс. метеорологических данных, 220 тыс. снимков Марса, созданы





*Дно кратера Виноградов диаметром 224 км на Марсе. Съемка камерой высокого разрешения HiRISE проведена зимой после полудня по местному времени. Снимок получен 1 июля 2014 г. АМС “Марсианский орбитальный разведчик” с расстояния 261,2 км (разрешение – 26 см). Фото NASA.*

карты минерального состава поверхности и проведена радиолокационная съемка полярных шапок и подповерхностных слоев грунта. АМС продолжает работу на круговой орбите высотой 300 км, наклонением 89,2°, с периодом обращения 62 мин (Земля и Вселенная, 2012, № 2, с. 110–111). С помощью радара получены новые данные о ландшафте Северной полярной шапки.

Камера высокого разрешения HiRISE продолжает фотографировать одни и те же регионы Марса. Например, в июле 2014 г. переданы снимки 224-км старого кратера Виноградов в южной части Жемчужной земли (Margaritifer Terra; 4° ю.ш. и 25° з.д.), расположенной к югу от экватора.

Юго-восточная часть дна кратера покрыта множеством загадочных ярких пятен – это обнажения коренной породы, выступающей из-под слоя темного песка. Происхождение светлых пород, ориентированных в направлении северо-запад – юго-восток, пока неизвестно. Они могут быть выбросом из соседнего кратера, результатом эрозии кромки кратера Виноградов или каких-либо других процессов.

Достаточно распространенный тип рельефа на поверхности Марса – овраги. Сравнение снимков одних и тех же оврагов, сделанных с интервалом в несколько лет, показало, что их рельеф изменяется достаточно быстро зимой или ранней весной. Ученые предполагают, что это вызвано влиянием

замерзшей углекислоты, которая с наступлением зимы оседает на склонах оврагов, а весной сублимирует. Песчинки рассыпаются, уменьшая силы сцепления в отдельных песчинках и мелких камешках. В результате происходят многочисленные осыпи и обвалы, потоки песка и щебня формируют характерный дольчатый вид у стенок многих кратеров. В устье одного из оврагов появились отложения нового щебневого потока, на склоне форма оврага изменилась из-за эрозии и отложений сыпучего материала.

Получены новые снимки пылевых вихрей в марсианской атмосфере. Пылевые смерчи возникают так же, как в пустынях на Земле: сильный нагрев поверхности солнечным светом приводит к увеличению температуры приземного воздуха, который из-за своей меньшей плотности, закручиваясь, поднимается в виде колонны. Ветер гонит эту “колонну” вперед, и она захватывает с поверхности грунта пыль и мелкий сор. На одном из таких удачных снимков можно увидеть сразу три “пылевых дьявола” и оценить их высоту.

Программа исследований АМС рассчитана до конца 2015 г.

**11. “Венера Экспресс” (“Venus Express”, ESA).** АМС запущена 9 ноября 2005 г., вышла на орбиту искусственного спутника Венеры 16 апреля 2006 г. (Земля и Вселенная, 2006, № 3). После маневров станция перешла на рабочую орбиту высотой 250 × 66 000 км,



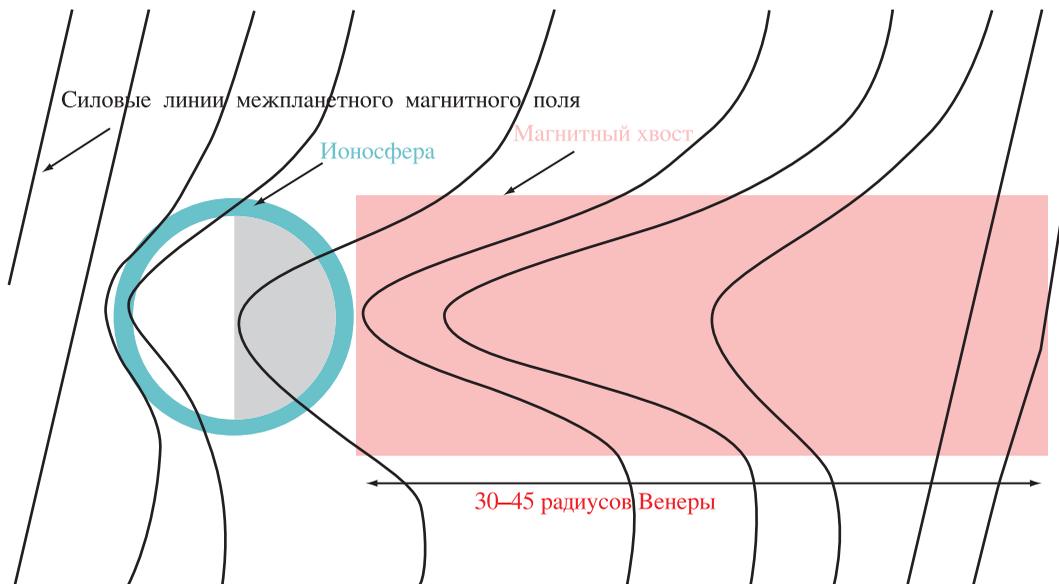


Схема взаимодействия ионосферы Венеры с солнечным ветром и межпланетным полем, формирующими индуцированную магнитосферу. Магнитный хвост Венеры – область на теневой стороне планеты, где магнитно-силовые линии выглядят как растянутая рогатка. По данным АМС “Венера Экспресс”. Рисунок ESA.



наклоением  $89^\circ$ , с периодом обращения 24 ч.

20 мая 2014 г. ИСВ “Венера Экспресс” перешла на новую фазу исследований – аэроторможения. На каждом витке, проходя перицентр своей орбиты, станция погружается в агрессивную атмосферу Венеры. Так, 18 июня 2014 г. она пролетела на высоте около 136 км, через 5 сут спустилась до высоты 130 км. Атмосфера на этих высотах уже достаточно плотная, чтобы оказывать заметное сопротивление движению аппарата. Во время погружения 18 июня акселерометры станции зафиксировали динамическое давление  $0,13 \text{ атм/м}^2$ . Предполагается, что при дальнейших погружениях это давление вырастет до  $0,4\text{--}0,6 \text{ атм/м}^2$ , поскольку с каж-

дым витком перицентр орбиты оказывается все ниже. 29 июня давление набегающего атмосферного потока превысило  $0,4 \text{ атм/м}^2$ . Измерение силы сопротивления атмосферы позволяет определить ее плотность на разных высотах на дневной и ночной стороне. Аэроторможения продлились до 11 июля 2014 г., затем высота перицентра орбиты “Венеры Экспресс” была поднята до 470 км.

На снимках, переданных станцией, обнаружены яркие пятна в молодой рифтовой зоне – Каньоне Ганики (Ganiki Chasma). Эту область 36 раз наблюдала камера ВМС. Из снимков была составлена мозаика, на ее основе построена карта относительной поверхностной яркости. Оказалось,

что пятна расположены в одних и тех же местах на поверхности Венеры. В течение нескольких витков они остаются яркими, а потом исчезают. Планетологи полагают, что яркие пятна представляют собой потоки лавы или выбросы вулканических газов, а возможно, то и другое одновременно.

Ученые из ИКИ РАН, используя магнитогидродинамическую модель и данные “Венеры Экспресс”, определили длину магнитного хвоста Венеры – 30–45 радиусов планеты ( $187,6\text{--}266,3$  тыс. км), что примерно в шесть раз меньше прежних оценок.

“Венера Экспресс” в течение 7 лет передавала информацию о структуре и плазменных процессах в магнитном хвосте Венеры.





У нее, в отличие от других планет Солнечной системы, нет собственного магнитного поля. Тем не менее, вокруг планеты формируется индуцированная магнитосфера, возникающая из-за взаимодействия солнечного ветра с ее ионосферой. При этом на дневной стороне силовые линии межпланетного магнитного поля растягиваются. На теневой стороне силовые линии постепенно выпрямляются под воздействием сил магнитного натяжения. На некотором удалении от планеты магнитный хвост с характерной конфигурацией силовых линий заканчивается.

Работа станции продлена до конца 2015 г.

**12. “Новые горизонты” (“New Horizons”, США).** АМС стартовала 19 января 2006 г. и продолжает полет к Плутону, вблизи которого пролетит 14 июля 2015 г. Напомним, что в сентябре 2009 г. начат поиск объектов в поясе Койпера для исследований (Земля и Вселенная, 2007, № 1). До 2015 г. станция будет находиться в спящем режиме, время от времени “пробуждаясь” для проверки работы систем и приборов. 2 июня 2014 г. она миновала очередной рубеж: расстояние между ней и Плутоном стало меньше 3 а.е. В июле – августе 2014 г. Космический телескоп им. Хаббла провел интенсивные наблюдения области неба в созвездии Стрельца, где сейчас находится Плутон, в поисках транснептуновых объектов, с которыми АМС могла бы встретиться после пролета системы Плутона. По результатам наблюдений

ученые NASA выберут наиболее подходящий объект. После сближения с Плутоном траектория станции будет изменена, чтобы через 3–4 года аппарат смог пролететь мимо выбранного объекта. Скорее всего, это будет небольшое небесное тело диаметром 50–100 км.

**13. “Доун” (“Dawn”, США).** АМС запущена 27 сентября 2007 г. (Земля и Вселенная, 2008, № 1). Станция в течение года (до июля 2012 г.) исследовала астероид Веста ( $458 \times 560 \times 578$  км), выйдя на орбиту вокруг нее. Она измерила массу и гравитационное поле Весты, определила ее форму, рельеф поверхности и минеральный состав (Земля и Вселенная, 2012, № 1, с. 35–37; 2012, № 3, с. 40). 26 августа 2012 г. АМС “Доун” удалилась от Весты и отправилась к карликовой планете Церере ( $909 \times 975$  км). 19 сентября 2014 г. АМС и ближайшую к Земле карликовую планету разделяло 4,44 млн км, скорость сближения была 650 м/с. В апреле 2015 г. станция должна достигнуть Цереры и выйти на орбиту ее искусственного спутника. На круговой полярной орбите высотой 1470 км, с периодом обращения 19 ч “Доун” в течение двух месяцев сможет шесть раз сфотографировать всю поверхность Цереры. За это время станция сделает более 80 витков. Сравнивая снимки одних и тех же областей, предполагается измерить глубину кратеров, высоту гор и крутизну склонов, создать топографическую карту Цереры. С помощью спектро-

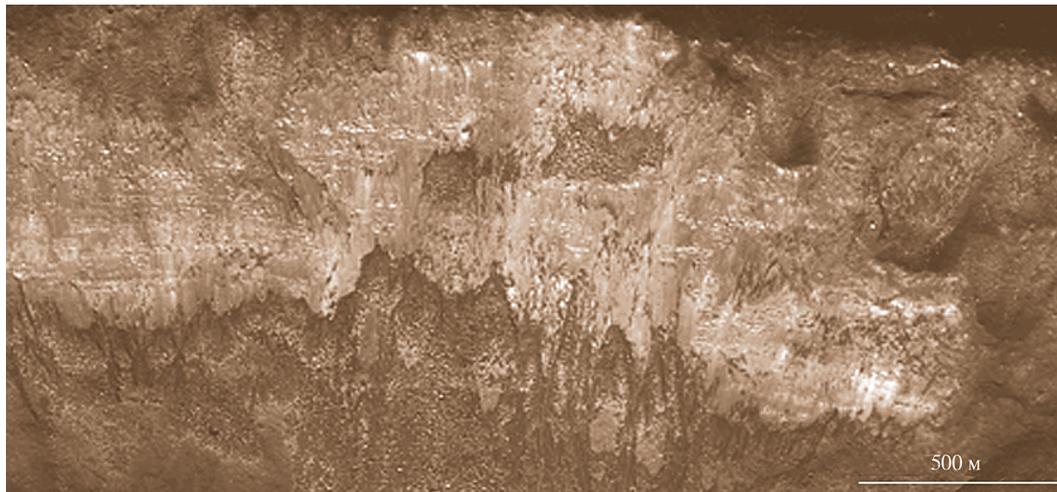
метра видимого и инфракрасного диапазона будет определен элементный состав поверхности. Детектор нейтронов и гамма-лучей измерит радиационный фон в окрестностях Цереры.

В мае 2015 г. высота орбиты будет снижена до  $140 \times 860$  км для исследований гравитационного поля Цереры и ее недр. Возможно, после Цереры АМС направят к астероиду Паллада.

**14. “Лунный орбитальный разведчик” (“Lunar Reconnaissance Orbiter”, США).** АМС стартовала 18 июня 2009 г. (Земля и Вселенная, 2009, № 6). 23 июня 2009 г. станция вышла на орбиту искусственного спутника Луны высотой  $31 \times 199$  км, наклонением  $89^\circ$ , с периодом обращения 123 мин. Она продолжает делать снимки отдельных областей Луны с полярной орбиты, используя камеру высокого разрешения LROC. На одном из снимков заметны следы очищения склонов сравнительно большого кратера от пыли и камней за счет гравитации и сейсмической активности. Весь обломочный материал скапливается на дне кратера. Оползень обнажил окаймленные слои морских базальтов.

В марте 2014 г. опубликована интерактивная карта Северной полярной области Луны выше  $60^\circ$  (разрешение – 2 м). Она создана на основе 10 581 снимка объемом 3,3 Тб, полученных двумя узкоугольными камерами, собранных за 5 лет полета станции. Размеры карты впечатляют: она образует квадрат  $931 \times 070$





*Восточная стенка кратера Эригон (Herigonius) диаметром 16 км в южной части Океана Бурь на Луне. Вдоль верхней части стенки можно проследить отдельные слои застывшей лавы. Обломочный материал и отдельные валуны скатываются по склону на дно кратера. Кратер назван в честь французского математика и астронома Пьера Эригона. Снимок сделан 14 апреля 2014 г. АМС "Лунный орбитальный разведчик". Фото NASA.*

на 931 070 пикселей, общий объем изображения – 867 млрд пикселей. Если распечатать карту с обычным разрешением 300 пикселей на дюйм, то ее размеры превысят футбольное поле. Для удобства пользователей она разделена на миллионы маленьких сжатых файлов.

Более пяти лет на борту АМС проводится эксперимент по картированию подповерхностного льда с помощью российского нейтронного детектора ЛЕНД (Lunar Exploration Neutron Detector). Накоплен значительный объем данных, по которым были построены детальные карты потока нейтронов в окрестностях Северного и Южного полюсов Луны с обозначением регионов, где выявлено высокое содержание воды. Обнаружены признаки во-

дяного льда в приполярных районах, освещенных Солнцем. Возможно, водяной лед в грунте этих районов находится под сухим слоем реголита, который предохраняет его от испарения. Чтобы проверить эти данные, необходимы дальнейшие исследования, в том числе анализ образцов грунта, который намечено доставить на Землю российскими АМС "Луна-25 и -27".

Планируется, что станция будет работать до начала 2015 г.

**15. "Акацуки" ("Akatsuki", Япония).** АМС и экспериментальный КА "Икар" ("Ikaros") запущены 20 мая 2010 г. (Земля и Вселенная, 2009, № 6, с. 75–76). Предполагалось, что "Акацуки" займется мониторингом атмосферных процессов Венеры, но 8 декабря 2010 г. из-за сбоя в работе тормоз-

ного двигателя станция не вышла на орбиту ИСВ. Сейчас "Акацуки" находится на гелиоцентрической орбите. Проверяется возможность повторного включения двигателя. Если двигатель и научные приборы останутся в рабочем состоянии, то в конце 2016 г. станцию при сближении с Венерой попробуют перевести на орбиту ИСВ для исследований.

**16. "Юнона" ("Juno", США).** АМС стартовала 5 августа 2011 г. (Земля и Вселенная, 2011, № 6, с. 31). Продолжается полет станции к Юпитеру. 8 сентября 2014 г. расстояние между Землей и АМС достигло 670 млн км, с момента запуска она преодолела 2,3 млрд км (15,28 а.е.). 5 июля 2016 г. "Юнона" должна выйти на орбиту вокруг Юпитера с начальным периодом обращения 78 сут. Она сделает



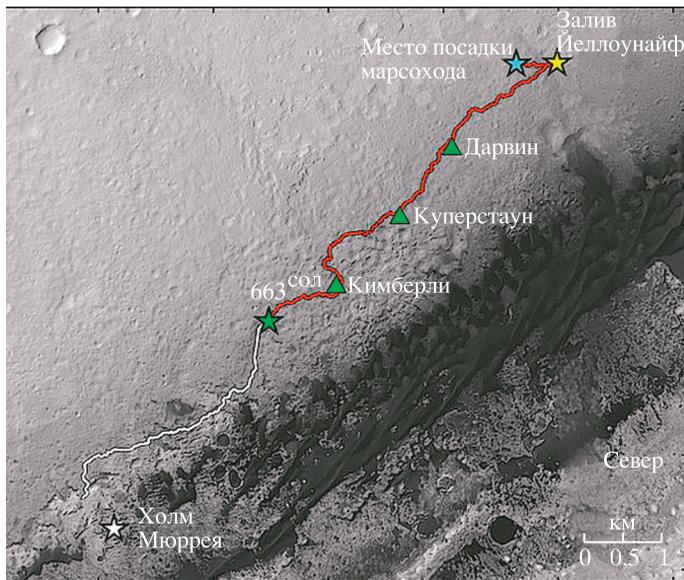


32 витка вокруг этой планеты-гиганта и в течение года проведет комплекс научных экспериментов. 16 октября 2017 г. станция войдет в атмосферу Юпитера.

**17. “Кьюриосити” (“Curiosity”, США).** АМС “Марс Сайенс Лаборатори” (“Mars Science Laboratory” – марсианская научная лаборатория) стартовала 26 ноября 2011 г. (Земля и Вселенная, 2012, № 3, с. 110–112). 6 августа 2012 г. она доставила на поверхность Марса в кратер Гейла марсоход “Кьюриосити” массой 899 кг, оборудованный химической лабораторией и 9 научными приборами, среди них – российский прибор ДАН.

Весной 2014 г. марсоход на месяц остановился в местечке Кимберли и рассверлил плиту песчаника Винджана, взял порошок и сделал химический анализ. Оказалось, что здесь больше магнетита, чем в образцах из низины Залива Йеллоунайф, который “Кьюриосити” изучал в течение 7 месяцев с февраля 2013 г. Пока не ясно, входил магнетит в состав базальта, разрушенного эрозией и сцементированного в песчаник, или образовался позднее в пропитанных водой базальтовых отложениях. В образце из Винджаны обнаружен также ортоклаз – богатый калием полевой шпат, один из самых распространенных минералов земной коры, но на Марсе его раньше не находили. Скорее всего, горные породы кромки кратера Гейла, из которых впоследствии образовался песчаник Винджана,

50



Карта движения марсохода “Кьюриосити” с момента посадки в августе 2012 г. до 18 июня 2014 г. (663-й сол; отмечено зеленой звездой). Далее марсоход будет двигаться в направлении древних гор Мюррей (Murray Formation). Рисунок NASA/JPL.

подверглись сложным геологическим процессам расплавления и застывания.

В середине мая “Кьюриосити” покинул область Кимберли и двинулся на запад. За 23 сут он проехал 1,5 км. Чтобы уменьшить темп повреждения острых камнями колес марсохода, операторы выбирают более длинный, но безопасный путь по мягкому песчаному грунту дюн, поэтому маршрут длиной 3,9 км к выбранному месту у подножия горы Шарпа пересмотрен. Ученые надеются, что, изучив строение горы Шарпа, они смогут прочитать древнюю летопись геологической и климатической истории кратера Гейла.

За первый марсианский год (687 земных суток), к

24 июня 2014 г., марсоход прошел 7,9 км в кратере Гейла и передал на Землю более 190 Гб данных, собрал и проанализировал образцы скальных пород. Основная цель программы – определение потенциальной возможности развития микробной жизни в марсианских условиях, и эту задачу “Кьюриосити” успешно выполнил. Одним из первых открытий стало обнаружение русла древней реки. В районе Залива Йеллоунайф марсоход взял два образца аргиллита (камнеподобная глинистая порода, образовавшаяся в результате уплотнения, дегидратации) для исследования. Тщательный анализ показал, что когда-то на этом месте было пресноводное озеро, вода в нем содержала





*Овраг Скрытая впадина (Hidden Valley) у подножия горы Шарпа. В низине скопились глубокие дюны, состоящие не из песка, а из его более тонкой фракции – алеврита (переходная форма между песком и пылью), похожего на цемент или какао-порошок. Снимок сделан 15 сентября 2014 г. “Кьюриосити”. Фото NASA.*

все важные химические элементы, необходимые для микробной жизни. Обнаружены возможные следы микробов, похожих на земные. Все это указывает на то, что на Марсе, возможно, когда-то существовали простые формы жизни. Среди открытий, сделанных “Кьюриосити” в течение первого марсианского года, в NASA называют оценку радиации во время полета к Марсу и на его поверхности. В будущем это поможет ученым разработать защиту, необходимую в марсианской пилотируемой экспедиции. Одним из важных – измерение отношения тяжелых и легких изотопов химических элементов в марсианской атмосфере. Ученые пришли к выводу, что большая часть первичной атмосферы Марса рассеялась из-за утраты легких атомов в верхних слоях. В атмосфере Марса очень мало или вовсе нет метана.

Следующий этап – геологические исследования

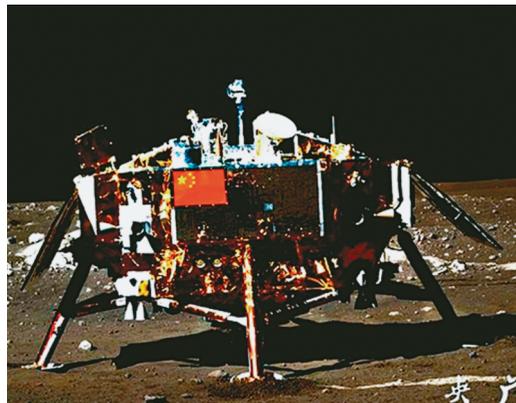
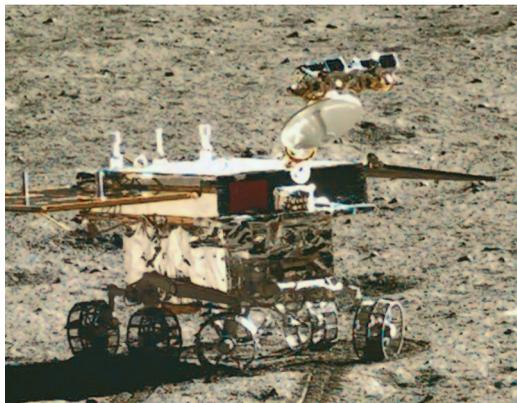
у подножия горы Шарпа в конце 2014 г. – начале 2015 г. По пути “Кьюриосити” будет производить исследования грунта, атмосферы и радиоактивного фона планеты.

**18. “LADEE” (Lunar Atmosphere and Dust Environment Explorer – исследовательский аппарат лунной атмосферы и пылевого окружения; США).** Станция массой 383 кг (масса научной аппаратуры – 49,6 кг) запущена 7 сентября 2013 г., 6 октября вышла на высокоэллиптическую окололунную орбиту, 20 ноября – на рабочую орбиту ИСЛ высотой 12–60 км и начала выполнять основную научную программу по изучению пылевых частиц и экзосферы Луны (Земля и Вселенная, 2014, № 1, с. 106–107). 17 апреля 2014 г. она завершила свою работу, была сброшена на лунную поверхность и разбилась. Программа полета была рассчитана на 100 сут, но NASA

продлило его еще на 60 сут. За это время ИСЛ “LADEE” провел эксперимент по лазерной связи, в ходе которого был установлен рекорд по передаче информации, сделал снимки пылевых частиц, определил их состав, плотность и пространственное распределение.

**19. “Мангальян” (“Mangalyaan”, или “Mars Orbiter Mission”, Индия).** Станция выведена на околоземную орбиту 5 ноября 2013 г. (Земля и Вселенная, 2014, № 2, с. 62–63). Высоту орбиты повышали в ходе 6 коррекционных маневров 7, 8, 9, 11 и 16 ноября 2013 г., пока высота апогея не достигла 215 тыс. км и перигея – 600 км. 30 ноября ЖРД успешно перевел АМС на траекторию полета к Марсу. 11 декабря 2013 г. в 3 млн км от Земли проведена первая коррекция траектории полета, 11 июня и 22 сентября 2014 г. – вторая и третья коррекции. 24 сентября 2014 г. станция вышла





*Китайский луноход “Нефритовый заяц” и посадочная ступень “Чанъэ-3” (справа) на Луне. Снимки сделаны 24 декабря 2013 г. Фото CNSA.*

на первоначальную орбиту искусственного спутника Марса: высота – 421,7 × 76 993,6 км, наклонение – 150°, период обращения – 72 ч 52 мин. Через несколько часов после выхода на орбиту ИСМ цветная камера станции сделала снимки Марса. Остальные научные приборы (лайман-альфа фотометр, спектрометр, датчик обнаружения метана в атмосфере и квадрупольный масс-анализатор для анализа частиц марсианской экзосферы) включены позднее. Научная программа включает исследование поверхности, морфологии, минералогии и атмосферы Марса.

Ожидаемая продолжительность работы – 6 месяцев.

**20. “MAVEN” (Mars Atmosphere and Volatile EvolutionN – эволюция атмосфер и летучих веществ на Марсе, США).** АМС запущена 18 ноября 2013 г. (Земля и Вселенная,

2014, № 2, с. 50–52), за 10 месяцев она преодолела 711 млн км. На борту станции работают 9 научных приборов: 5 детекторов для изучения солнечного ветра и ионосферы Марса, магнитометр, камера с УФ-спектрометром для исследования газового и изотопного состава нижних слоев атмосферы, масс-спектрометр для измерения соотношений концентраций ионов и нейтральных частиц. Данные “MAVEN” помогут понять, как Марс из полноводной планеты превратился в сухую пустыню, узнать причину изменения атмосферы.

21 сентября 2014 г. станция вышла на рабочую эллиптическую орбиту ИСМ: высота – около 150 × 6200 км, период обращения – 4,5 ч. Через 8 ч УФ-спектрометр получил первые снимки Марса с расстояния 36,5 тыс. км. На одном из них облако атомарного водорода простирается до 1 тыс. км над поверхностью Марса.

Основная программа исследований рассчитана на один год.

**21. “Чанъэ-3” (“Chang’e-3”, Китай).** АМС стартовала 2 декабря 2013 г. (Земля и Вселенная, 2014, № 2, с. 110). 14 декабря 2013 г. она доставила первый китайский луноход – Юйту (Yutu; “Нефритовый заяц”) – массой 120 кг в Залив Радуги (Sinus Iridium), находящийся в северо-западной части Моря дождей (44°12' с.ш. и 19°51' з.д.). 15 декабря луноход сошел с посадочной ступени на лунную поверхность и сделал первые снимки.

В декабре 2013 г. и в январе 2014 г. луноход исследовал окрестности посадочной ступени “Чанъэ-3” в течение двух первых лунных дней, пройдя всего 100 м. Однако перед началом второй лунной ночи, 25 января, операторы лунохода обнаружили, что он перестал двигаться. Попытки найти и устранить неисправность в ходовой системе ни к чему не привели. В конце июля 2014 г. высказано заключение: луноход сломался из-за большого количества камней в месте посадки. Как оказалось, местность, где высадился “Нефритовый заяц”, изобиловала круп-





ными острыми камнями. На снимках ИСЛ выбранная местность казалась обманчиво ровной, легко проходимой для маленьких колес лунохода. Скорее всего, луноход повредился, сталкиваясь с острыми обломками скал. 6 сентября 2014 г., когда начался десятый лунный день, “Чанъэ-3” и луноход все еще функционировали. “Нефритовый заяц”, кото-

рый должен был за три месяца пройти 10 км, теперь как стационарная платформа, панорамной камерой фотографирует местность, но из-за неподвижности мачты камера направлена в одну сторону.

Посадочный модуль “Чанъэ-3”, рассчитанный на 1 год, за первые 4 месяца работы передал на Землю 118,5 Гб информации, в

том числе более 600 снимков камеры жесткого ультрафиолетового диапазона и 32 тыс. снимков, полученных ультрафиолетовым телескопом.

*По материалам NASA, JPL, ESA, EADS-Astrium, JAXA, CNSA, ИКИ РАН, информгентств, интернет-сайтов “Астронет” и “Space News” за 2013–2014 гг.*

## Информация

### Запуск японского метеоспутника

7 октября 2014 г. очередной метеоспутник “Химавари-8” (подсолнух) японского аэрокосмического агентства JAXA был запущен с помощью РН “Н-2А” с космодрома Танегасима и выведен на низкую околоземную орбиту высотой 260 км. Спутник сможет предупредить о тайфунах, извержениях вулканов и других стихийных природных явлениях. Он превосходит своих предшественников по точности наблюдения и скорости обработки информа-



*Японский метеоспутник “Химавари-8” на околоземной орбите. Рисунок JAXA.*

ции. Данные о приближении тайфунов и грозах в районе Японского архипелага будут обновляться каждые 2,5 мин. Изображения высокого разрешения позволят метеорологам собрать более точные данные и спрогнозиро-

вать, когда может произойти событие. К лету 2015 г. “Химавари-8” должен выйти на рабочую орбиту наблюдения высотой 36 тыс. км.

Пресс-релиз JAXA, 7 октября 2014 г.

