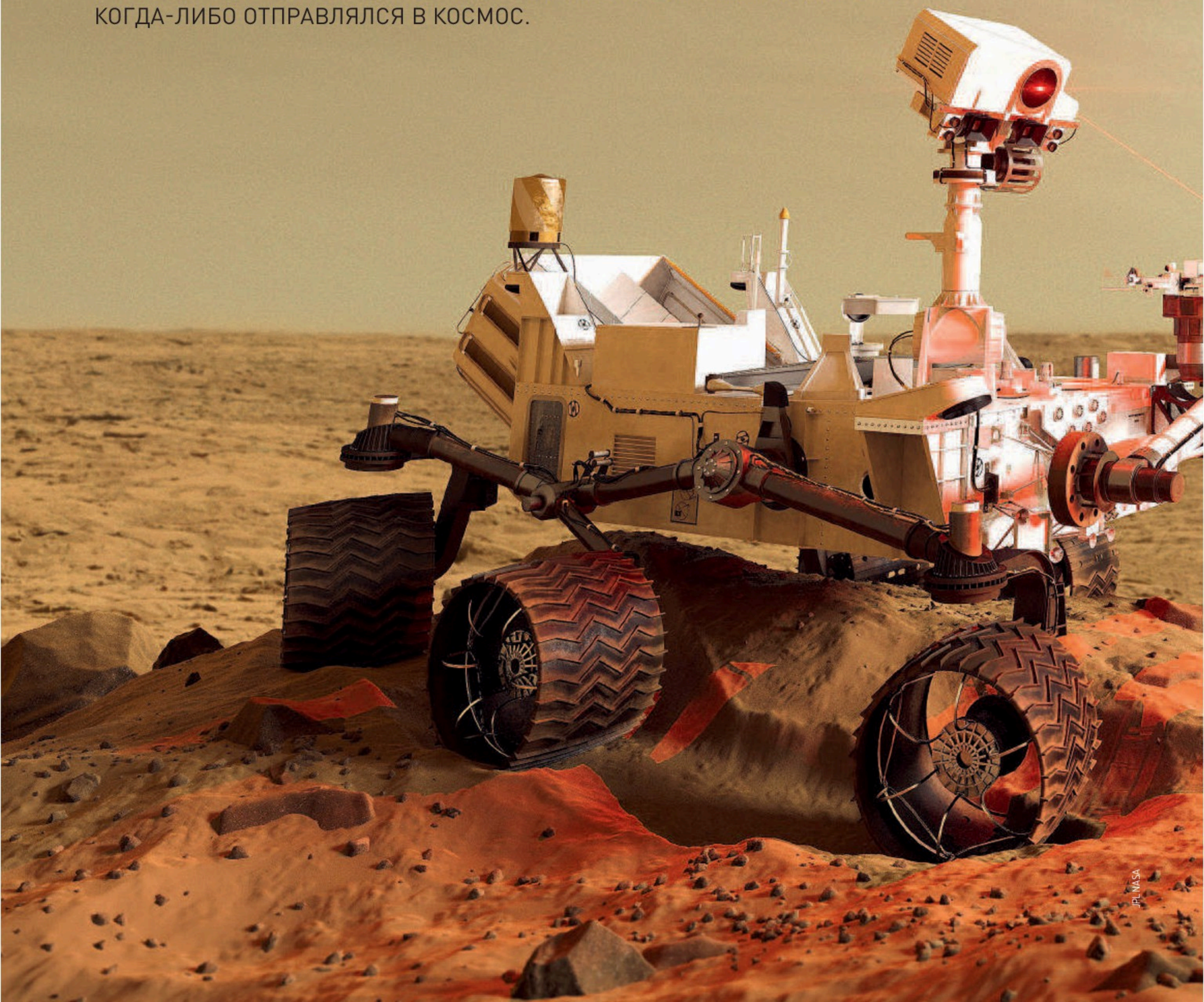


ТЕХНОЛОГИИ / КОСМИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГИЯ

ГЕОЛОГ НА МАРСЕ

ПЕРЕД НАМИ ПУСТЫНЯ, ГОЛАЯ И БЕЗЖИЗНЕННАЯ. ГОРИЗОНТ ОБОЗНАЧЕН КРОМКОЙ КРАТЕРА, В ЦЕНТРЕ ПОДНИМАЕТСЯ ПЯТИКИЛОМЕТРОВАЯ ВЕРШИНА. ПРЯМО У НАШИХ НОГ БЛЕСТЯТ КОЛЕСА И ПАНЕЛИ МАРСОХОДА. НЕ ПУГАЙТЕСЬ: МЫ В ЛОНДОНЕ, ГДЕ УНИКАЛЬНАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ ДАННЫХ ПОЗВОЛЯЕТ ГЕОЛОГАМ ПЕРЕНЕСТИСЬ В МАРСИАНСКУЮ ПУСТЫНЮ И РАБОТАТЬ БОК О БОК С CURIOSITY, САМЫМ СЛОЖНЫМ РОБОТОМ, КОТОРЫЙ КОГДА-ЛИБО ОТПРАВЛЯЛСЯ В КОСМОС.



Светящаяся на мониторах панорама составлена из кадров, присланных марсоходом на Землю. Голубое небо не должно обманывать: на Марсе оно тускло-желтое, но человеческому глазу привычнее оттенки, которые создаются светом, рассеянным нашей земной атмосферой. Поэтому снимки проходят обработку и отображаются в ненатуральных цветах, позволяя спокойно рассмотреть каждый камешек. «Геология – наука полевая, – объяснил нам профессор Имперского колледжа Лондона Санджев Гупта. – Мы любим пройти по земле с молотком. Налить кофе из термоса, рассмотреть находки и отобрать самое интересное для лаборатории». На Марсе нет ни лабораторий, ни термосов, зато туда геологи отправили Curiosity, своего электронного коллегу. Соседняя планета интригует человечество давно, и чем больше мы ее узнаем, тем серьезнее основания для этого любопытства.

Когда-то Земля и Марс были очень похожи. Обе планеты имели океаны жидкой воды и, видимо, достаточно простой органики. И на Марсе, как на Земле, извергались вулканы, клубилась густая атмосфера, однако в один несчастливый момент что-то пошло не так. «Мы стараемся понять, каким было это место миллиарды лет

назад и почему оно настолько изменилось, – сказал профессор геологии из Калифорнийского технологического института Джон Грётцингер в одном из интервью. – Мы полагаем, что там была вода, но не знаем, могла ли она поддерживать жизнь. А если могла, то поддерживала ли. Если и так, то неизвестно, сохранились ли хоть какие-то свидетельства в камнях». Выяснить все это и предстояло геологу-марсоходу.

НАЧАЛО ЭКСПЕДИЦИИ

Свирепый Марс – несчастливая цель для космонавтики. Начиная с 1960-х к нему отправилось почти полсотни аппаратов, большинство из которых разбилось, отключилось, не сумело выйти на орбиту и навсегда сгнуло в космосе. Однако усилия не были напрасны, и планету изучали не только с орбиты, но даже с помощью нескольких планетоходов. В 1997 году по Марсу проехался 10-килограммовый Sojourner. Легендой стали близнецы Spirit и Opportunity: второй из них героически продолжает работу уже больше 12 лет подряд. Но Curiosity – самый внушительный из них, целая роботизированная лаборатория размером с автомобиль.

6 августа 2012 года спускаемый модуль Curiosity выбросил систему парашютов, которые позволили ему замедлиться в разреженной атмосфере. Сработали



восемь реактивных двигателей торможения, и система тросов осторожно опустила марсоход на дно кратера Гейла. Место посадки было выбрано после долгих споров: по словам Санджева Гупты, именно здесь нашлись все условия для того, чтобы лучше узнать геологическое – видимо, весьма бурное – прошлое Марса. Орбитальные съемки указали на наличие глин, появление которых требует присутствия воды и в которых на Земле неплохо сохраняется органика. Высокие склоны горы Шарпа (Эолиды) обещали возможность увидеть слои древних пород. Довольно ровная поверхность выглядела безопасной. Curiosity успешно вышел на связь и обновил программное обеспечение. Часть кода, использовавшегося при перелете и посадке, заменилась новой – из космонавта марсоход окончательно стал геологом.

ГОД ПЕРВЫЙ: СЛЕДЫ ВОДЫ

Вскоре геолог «размял ноги» – шесть алюминиевых колес, проверил многочисленные камеры и протестировал оборудование. Его коллеги на Земле рассмотрели точку посадки со всех сторон и выбрали направление. Путь до горы Шарпа должен был занять около года, и за это время предстояло немало работы. Прямой канал связи с Землей не отличается хорошей пропускной способностью, но каждый марсианский день (сол) над марсоходом пролетают орбитальные аппараты. Обмен с ними происходит в тысячи раз быстрее, позволяя ежедневно передавать сотни мегабит данных. Ученые анализируют их в Обсерватории данных, рассматривают снимки на экранах компьютеров, выбирают задачи на следующий сол или сразу на несколько и отправляют код обратно на Марс.

Работая практически на другой планете, многие из них вынуждены сами жить по марсианскому календарю и подстраиваться под чуть более длинные сутки. Сегодня для них – «солдня» (tosol), завтра – «солвтра» (solmorrow), а сутки – просто сол. Так, спустя 40 солов Санджев Гупта выступил с презентацией, на которой объявил: Curiosity движется по руслу древней реки. Мелкая, обточенная водой каменная галька указывала на течение со скоростью около 1 м/с и глубину «по щиколотку или по колено». Позднее были обработаны и данные с прибора DAN, который для Curiosity изготовила команда Игоря Митрофанова из Института космических исследований РАН. Просвечивая грунт нейтронами, детектор показал, что до сих пор на глубине в нем сохраняется до 4% воды. Это, конечно, суше, чем даже в самой сухой из земных пустынь, но в прошлом Марс все-таки был полон влаги, и марсоход мог вычеркнуть этот вопрос из своего списка.

ГОД ВТОРОЙ: СТАНОВИТСЯ ОПАСНЕЕ

Свой первый юбилей на Марсе Curiosity встретил празднично и сыграл мелодию «С днем рожденья тебя», меняя частоту вибраций ковшика на своем тяжелом 2,1-метровом манипуляторе. Ковшиком «роборука» набирает рыхлый грунт, ровняет, просеивает и сыпает немного в приемники своих химических анализаторов. Бур с полыми сменными битами позволяет работать с твердыми породами, а податливый песок марсоход может разворошить прямо колесами, открыв для своих инструментов внутренние слои. Именно такие эксперименты вскоре принесли довольно неприятный сюрприз: в местном грунте обнаружилось до 5% перхлоратов кальция и магния.

Вещества это не только ядовитые, но и взрывчатые, а перхлорат аммония и вовсе используется как основа твердого ракетного



МЕСТО ДЕЙСТВИЯ

Curiosity регулярно и тщательно фотографируется, позволяя осмотреть себя и оценить общее состояние. Это «селфи» составлено из снимков, сделанных камерой MAFI. Она расположена на трехсуставном манипуляторе, который при объединении снимков оказался почти не виден. В кадр не попали находящиеся на нем ударная дрель, ковшик для сбора рыхлых образцов, сито для их просеивания и металлические щеточки для очистки камней от пыли. Не видны также камера для макросъемки MAFI и рентгеновский спектрометр APXS для анализа химического состава образцов.

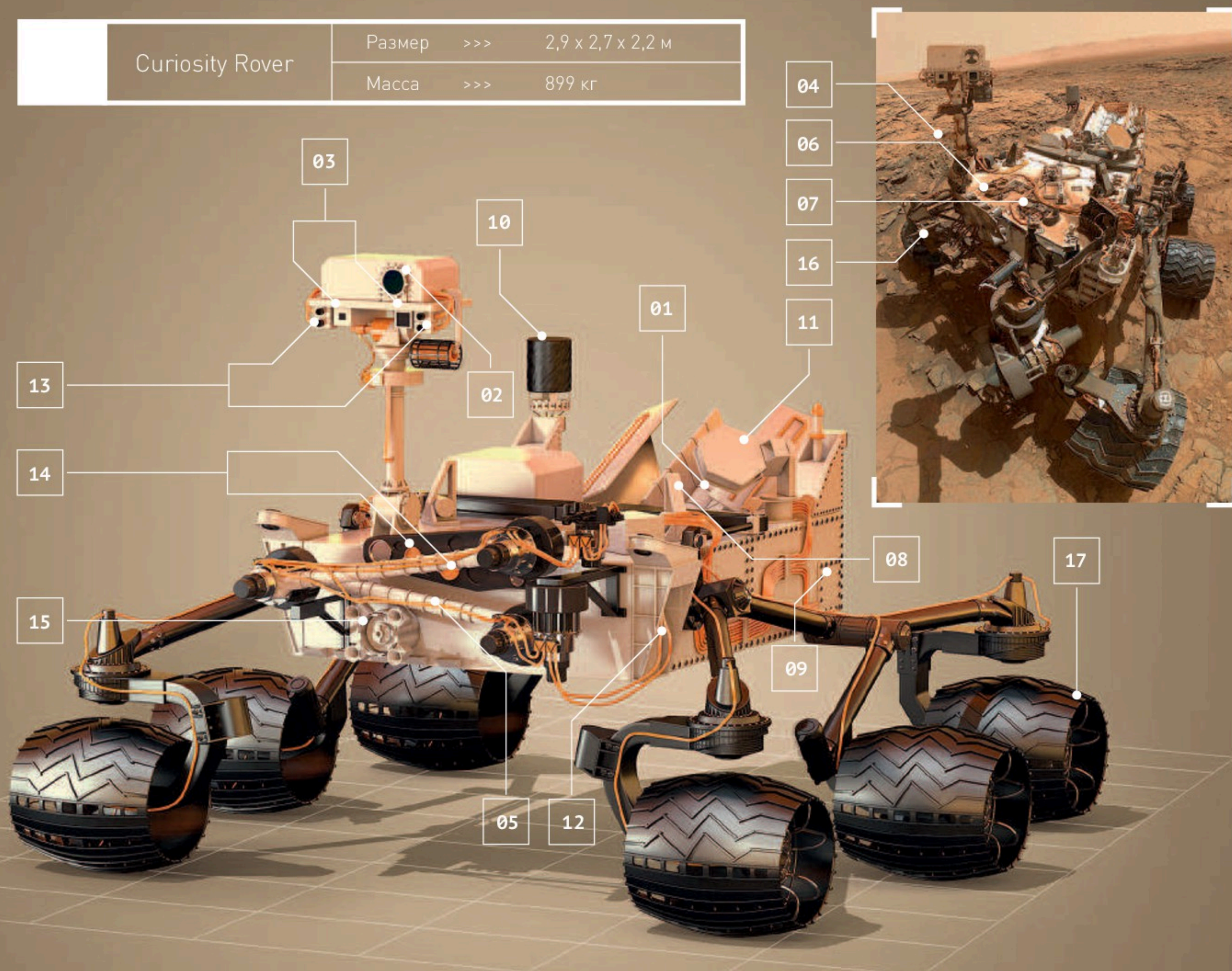
01 Мощным системам ровера солнечных батарей не хватит, и питание ему обеспечивает радиоизотопный термоэлектрогенератор (РИТЭГ). 4,8 кг диоксида плутония-238 под кожухом ежедневно поставляют 2,5 кВт·ч. Видны лопасти охлаждающего радиатора.

02 Лазер прибора ChemCam выдает по 50–75 наносекундных импульсов, которые испаряют камень на расстоянии до 7 м и позволяют анализировать спектр получившейся плазмы, чтобы установить состав цели.

03 Пара цветных камер MastCam ведет съемку через различные ИК-светофильтры.

Curiosity Rover

Размер >>>	2,9 x 2,7 x 2,2 м
Масса >>>	899 кг



04 Метеостанция REMS следит за давлением и ветром, температурой, влажностью и уровнем ультрафиолетового излучения.

05 Манипулятор с комплексом инструментов и приборов (не виден).

06 SAM – газовый хроматограф, масс-спектрометр и лазерный спектрометр для установления состава летучих веществ в испаряемых образцах и в атмосфере.

07 CheMin выясняет состав и минералогию измельченных образцов по картине дифракции рентгеновских лучей.

08 Детектор радиации RAD заработал еще на околоземной орбите и собирал данные на протяжении всего перелета к Марсу.

09 Детектор нейтронов DAN позволяет обнаруживать водород, связанный в молекулах воды. Это российский вклад в работу марсохода.

10 Кожух антенны для связи со спутниками Mars Reconnaissance Orbiter (около 2 Мбит/с) и Mars Odyssey (около 200 Мбит/с).

11 Антенна для прямой связи с Землей в X-диапазоне (0,5–32 кбит/с).

12 Во время спуска камера MARDI вела цветную съемку с высоким разрешением, позволив детально рассмотреть место посадки.

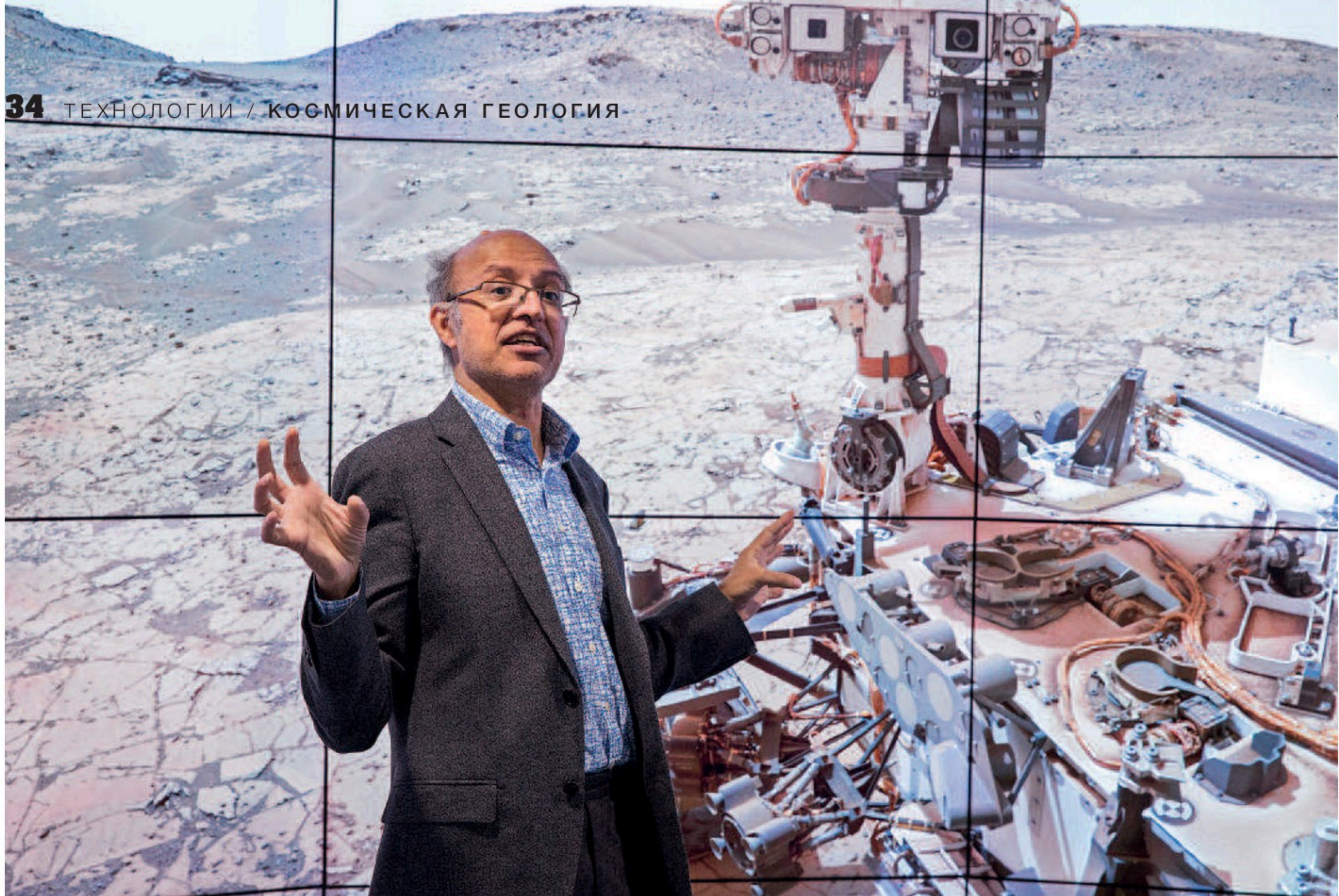
13 Правая и левая пары черно-белых камер Navcams для построения 3D-моделей ближайшей местности.

14 Панель с чистыми образцами позволяет проверить работу химических анализаторов марсохода.

15 Запасные биты для дрели.

16 В этот лоток ссыпаются подготовленные образцы из ковшика для изучения макрокамерой MAHLI или спектрометром APXS.

17 20-дюймовые колеса с независимыми приводами, на титановых пружинящих спицах. По следам, оставленным рифлением, можно оценить свойства грунта и следить за движением. Рисунок включает буквы азбуки Морзе – JPL.



топлива. Перхлораты уже обнаруживались в месте посадки зонда Phoenix, однако теперь выходило, что эти соли на Марсе – явление глобальное. В ледяной бескислородной атмосфере перхлораты стабильны и неопасны, да и концентрации не слишком высоки. Для будущих колонистов перхлораты могут стать полезным источником топлива и серьезной угрозой здоровью. Но для геологов, работающих с Curiosity, они способны поставить крест на шансах обнаружить органику. Анализируя образцы, марсоход нагревает их, а в таких условиях перхлораты быстро разлагают органические соединения. Реакция идет бурно, с горением и дымом, не оставляя различимых следов исходных веществ.

ГОД ТРЕТИЙ: У ПОДНОЖИЯ

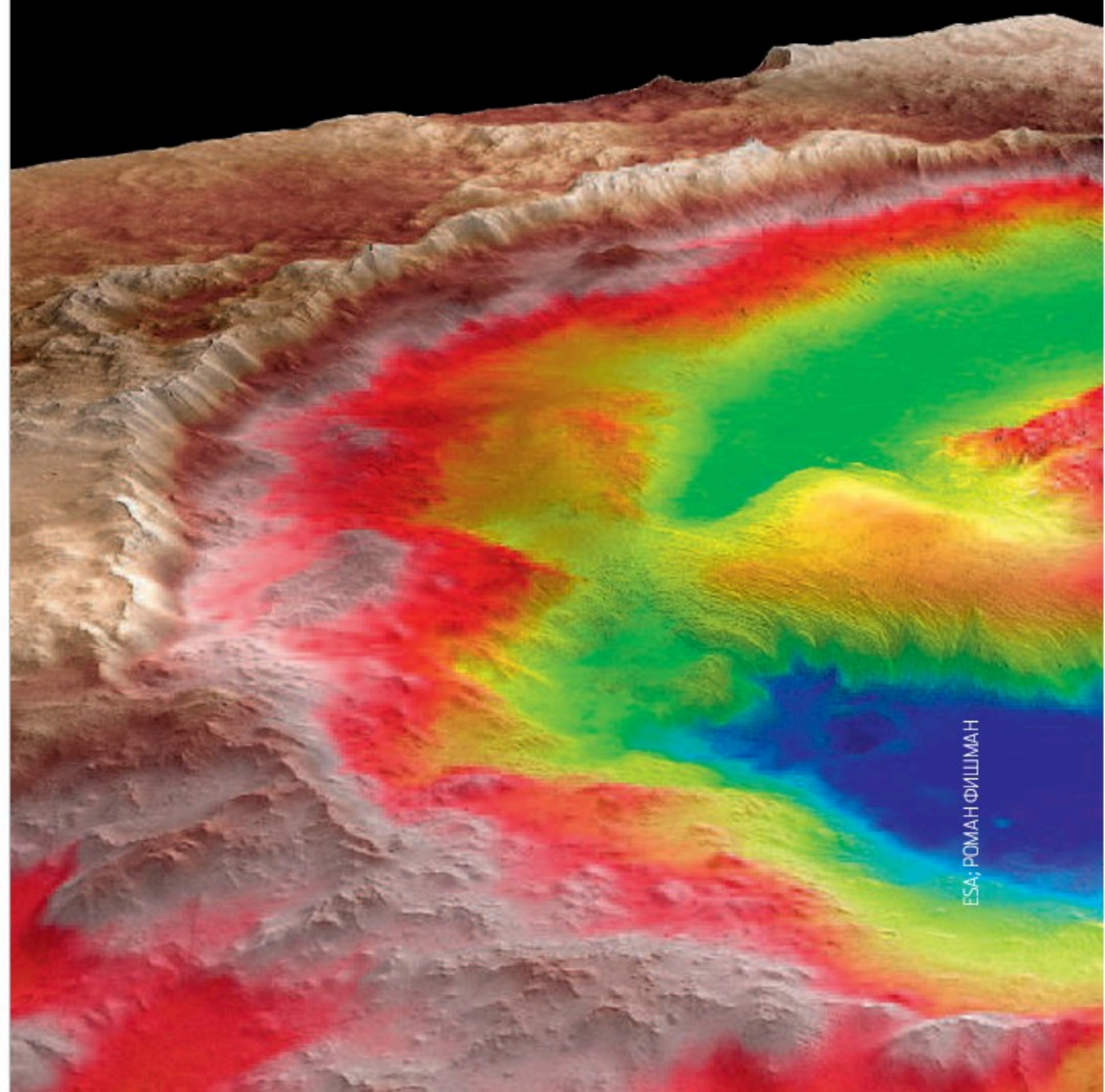
Однако и органику Curiosity обнаружил – об этом было объявлено позже, после того как на 746-й сол, покрыв в общей сложности 6,9 км, марсоход-геолог добрался до подножия горы Шарпа. «Получив эти данные, я сразу подумал, что нужно все обязательно перепроверить», – сказал Джон Грётцингер. В самом деле, уже когда Curiosity работал на Марсе, выяснилось, что некоторые земные бактерии – такие как *Tersicoccus phoenicis* – устойчивы к методам уборки чистых комнат. Подсчитали даже, что к моменту запуска на марсоходе должно было остаться от 20 до 40 тыс. устойчивых спор. Никто не может поручиться, что какие-то из них не добрались с ним до горы Шарпа.

Для проверки датчиков имеется на борту и небольшой запас чистых образцов органических веществ в запаянных металлических контейнерах – можно ли стопроцентно уверенно сказать, что они остались герметичными? Однако



МЕСТО ДЕЙСТВИЯ

Цвета на трехмерной модели кратера Гейла соответствуют высоте. В центре расположена гора Эолида (Aeolis Mons, 01), которая на 5,5 км возвышается над одноименной равниной (Aeolis Palus, 02) на дне кратера.

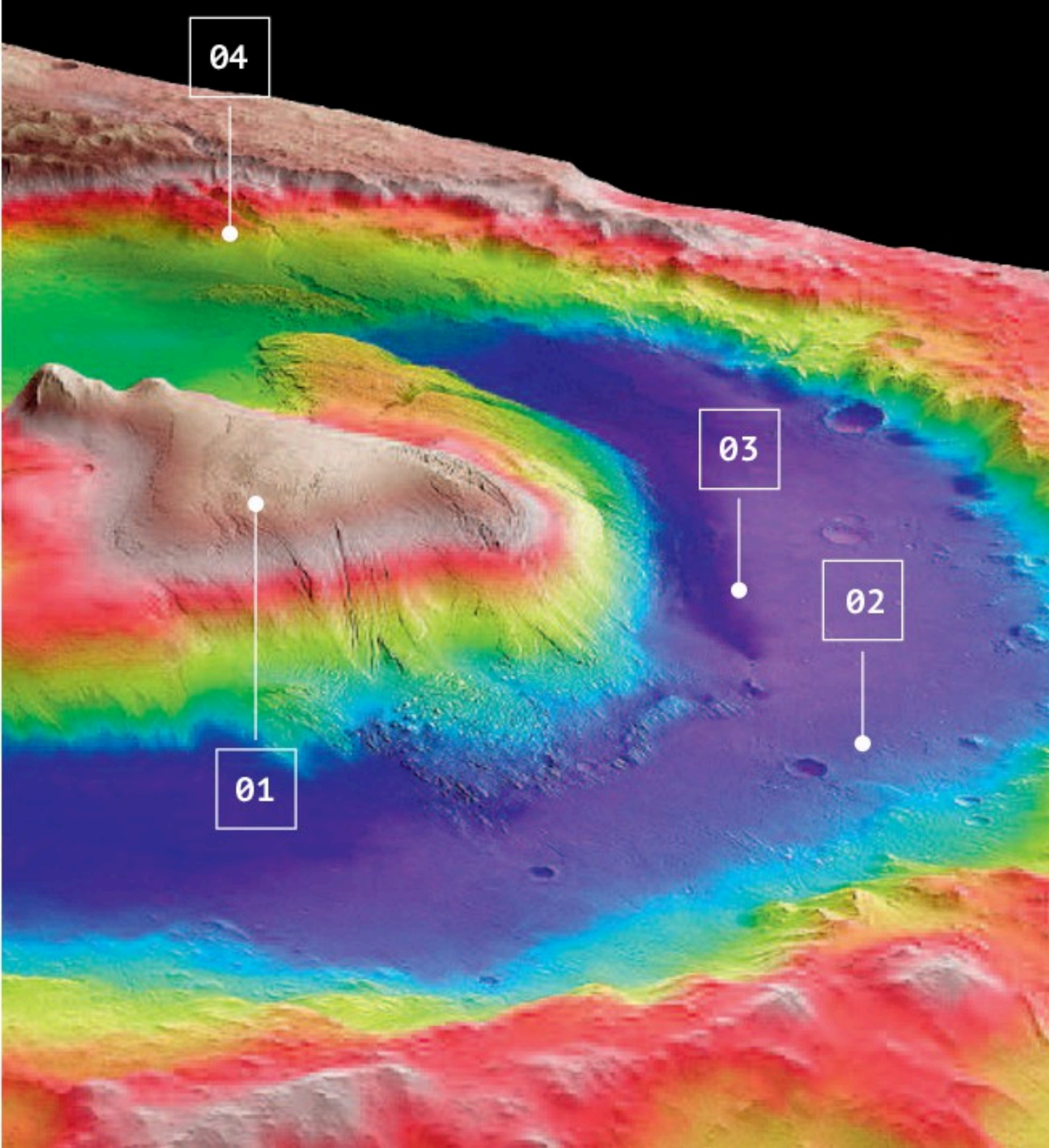




В ЦЕНТРЕ КРАТЕРА

64 экрана высокого разрешения создают панораму охватом 313 градусов: Обсерватория данных КРМГ в Имперском колледже Лондона позволяет геологам перенестись прямо в кратер Гейла и работать на Марсе почти так же, как на Земле. «Посмотрите поближе, вот здесь тоже следы воды: озеро было довольно глубоким. Конечно, не таким, как Байкал, но достаточно глубоким», – иллюзия была настолько реальной, что казалось, будто профессор Санджев Гупта перепрыгивал с камня на камень. Мы посетили Обсерваторию данных и пообщались с ученым в рамках мероприятий Года науки и образования Великобритании и России – 2017, организованного Британским советом и посольством Великобритании.

Отмечено место посадки Curiosity (03), а также долина Фарах (Farah Vallis, 04) – одно из предполагаемых русел древних рек, впадавших в ныне исчезнувшее озеро.



графики, которые предъявили на пресс-конференции в NASA, сомнений не вызывали: за время работы марсианский геолог зафиксировал несколько резких – сразу в десять раз – скачков содержания метана в атмосфере. Этот газ вполне может иметь и небиологическое происхождение, но главное – когда-то он мог стать источником более сложных органических веществ. Следы их, прежде всего хлорбензол, обнаружались и в грунте Марса.

ГОДЫ ЧЕТВЕРТЫЙ И ПЯТЫЙ: ЖИВЫЕ РЕКИ

К этому времени Curiosity пробурил уже полтора десятка отверстий, оставив вдоль своего пути идеально круглые 1,6-сантиметровые следы, которые когда-нибудь обозначат туристический маршрут, посвященный его экспедиции. Электромагнитный механизм, заставлявший дрель совершать до 1800 ударов в минуту для работы с самой твердой породой, вышел из строя. Однако изученные выходы глин и кристаллы гематита, слои силикатных шпатов и прорезанные водой русла открывали уже однозначную картину: некогда кратер был озером, в которое спускалась ветвящаяся речная дельта.

Камерам Curiosity теперь открывались склоны горы Шарпа, сам вид которых оставлял мало сомнений в их осадочном происхождении. Слой за слоем, сотнями миллионов лет вода то прибывала, то отступала, нанося породы и оставляя выветриваться в центре кратера, пока не ушла окончательно, собрав целую вершину. «Там, где сейчас возвышается гора, когда-то был бассейн, время от времени заполнявшийся водой», – пояснил Джон Грётцингер. Озеро стратифицировалось по высоте: условия на мелководье и на глубине различались и температурой, и составом. Теоретически это могло обеспечить условия для развития разнообразных реакций и даже микробных форм.

ПУТЕШЕСТВИЕ ПРОДОЛЖАЕТСЯ

Экспедиция Curiosity далеко не закончена, да и энергии бортового генератора должно хватить на 14 земных лет работы. Геолог остается в пути уже почти 1750 суток, преодолев больше 16 км и поднявшись по склону на 165 м. Насколько могут заглянуть его инструменты, выше по-прежнему видны следы осадочных пород древнего озера, но как знать, где они кончаются и на что еще укажут? Робот-геолог продолжает восхождение, а Санджев Гупта и его коллеги уже выбирают место для посадки следующего. Несмотря на гибель спускаемого зонда Schiaparelli, орбитальный модуль TGO в прошлом году благополучно вышел на орбиту, запустив первый этап европейско-российской программы «Экзомарс». Марсоход, который должен стартовать в 2020 году, станет следующим.

Российских приборов в нем будет уже два. Сам робот примерно вдвое легче Curiosity, зато его бур сможет забирать пробы с глубины уже до 2 м, а комплекс приборов Pasteur включит инструменты для прямого поиска следов прошлой – или даже сохранившейся до сих пор – жизни. «У вас есть заветное желание, находка, о которой вы особенно мечтаете?» – спросили мы профессора Гупты. «Безусловно, есть: окаменелость, – ученый ответил не раздумывая. – Но это, конечно, вряд ли произойдет. Если жизнь там и была, то только какие-нибудь микробы... Но ведь, согласитесь, это стало бы чем-то невероятным».