

ЛЕДНИКИ И ЖИДКАЯ ВОДА

РОССИЙСКИЕ ПРИБОРЫ ИССЛЕДУЮТ
ПОВЕРХНОСТЬ МАРСА С ОРБИТЫ

Ольга ЗАКУТНЯЯ,
Игорь АФАНАСЬЕВ

ОРБИТАЛЬНЫЙ АППАРАТ МИССИИ «ЭКЗОМАРС-2016», ОБРАЩАЮЩИЙСЯ ВОКРУГ КРАСНОЙ ПЛАНЕТЫ, ОБНАРУЖИЛ АНОМАЛЬНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ВОДЯНОГО ЛЬДА НА ДНЕ КАНЬОНА ДОЛИНЫ МАРИНЕРА БЛИЗ МАРСИАНСКОГО ЭКВАТОРА. ЧЕСТЬ ОТКРЫТИЯ ПРИНАДЛЕЖИТ РОССИЙСКОМУ ПРИБОРУ ФРЕНД, УСТАНОВЛЕННОМУ НА БОРТУ ОРБИТЕРА.

Первый этап программы «ЭкзоМарс», направленной на поиск признаков жизни (в прошлом и настоящем) на четвертой от Солнца планете, начался 14 марта 2016 г. С космодрома Байконур стартовала ракета «Протон-М», которая вывела на траекторию полета орбитальный аппарат для исследования малых составляющих атмосферы TGO (Trace Gas Orbiter) и спускаемый аппарат-демонстратор «Скиапарелли». 19 октября 2016 г. первый вышел на эллиптическую орбиту вокруг Марса, а второй разбился при попытке посадки. Эта неудача, как бы ее ни описывали в СМИ, не повлияла на выполнение научных задач миссии, которые уже пять лет решает орбитальный аппарат TGO.

Научные задачи TGO: анализ марсианской атмосферы, и в первую очередь регистрация газов, которых в ней очень мало (в том числе газов-«биомаркеров», которые могут быть признаком наличия жизни), составление карты распределения воды в верхнем слое грунта с высоким (до 60 км) пространственным разрешением, а также стереосъемка поверхности Марса.

Два прибора из четырех установленных на орбитальном аппарате – спектрометрический комплекс для исследования атмосферы АЦС (ACS, Atmospheric Chemistry Suite) и нейтронный телескоп ФРЕНД (FRENД, Fine Resolution Epithermal Neutron Detector) – созданы в Институте космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН).

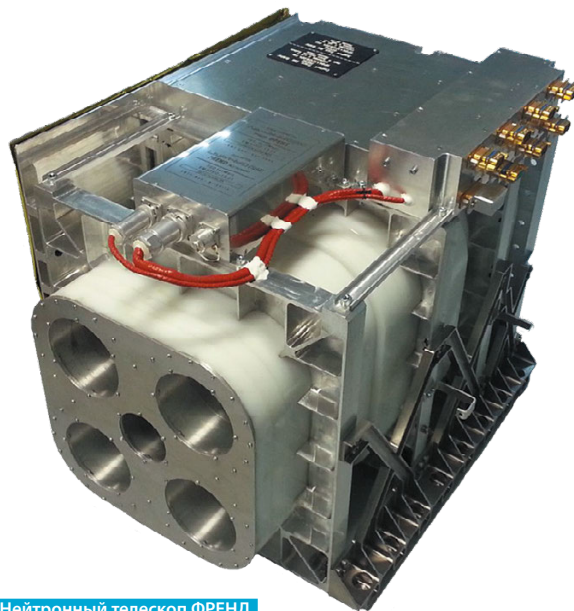
СОСТАВЛЯЕМ КАРТУ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Измеряя потоки нейтронов, которые образуются за счет бомбардировки поверхности Марса космическим излучением, ФРЕНД определяет концентрацию атомов водорода в грунте на глубине до метра. На основании этих измерений строится карта распределения водорода в грунте Красной планеты. А чтобы определить, в состав каких молекул входит обнаруженный водород, достаточно посмотреть на его количество. Известно, что водород (H) входит либо в состав гидратированных минералов (как связка атомов O-H, присоединенная к породообразующим элементам, кремнию, магнию, железу и другим), либо в состав молекул воды (H₂O). Вместе с тем, если водорода в грунте много (более нескольких десятков процентов), это может говорить о присутствии именно воды, так как гидратированные минера-

лы обычно содержат не более единиц процентов водорода по массе.

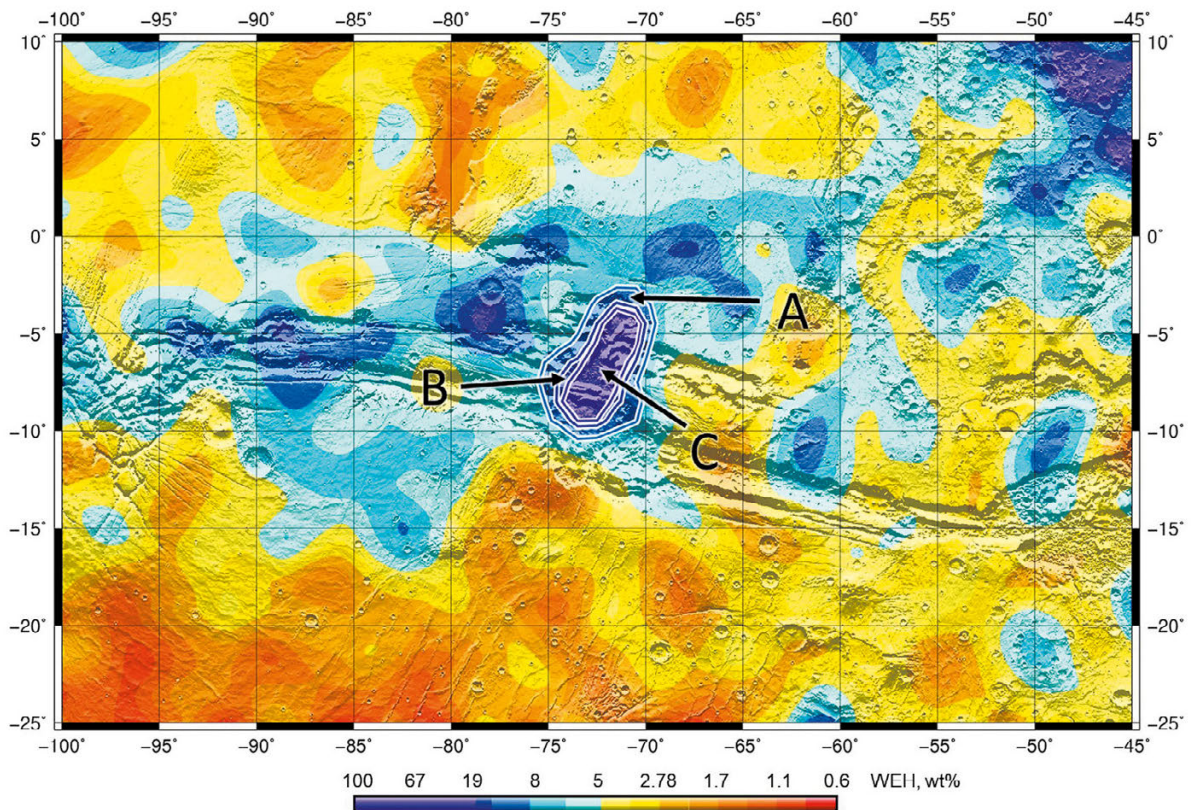
Ранее предполагалось, что основные запасы воды на Марсе сосредоточились в приполярных областях в виде чистого льда или в смеси с грунтом. Считалось, что другие места (здесь из-за сочетания низкого давления и сравнительно высоких температур вода испаряется с поверхности) гораздо суше земной пустыни Атакама и вода здесь образует тонкие – в одну молекулу! – слои на поверхности частиц реголита или входит в состав гидратированных минералов.

Но TGO показал, что воды хватает не только на полюсах, но и на экваторе. С помощью ФРЕНД российские ученые оценили ее содержание в небольших марсианских «оазисах». Самым интересным оказался район каньон Кандор (Candor Chasma) в Долинах Маринера (Valles Marineris) – гигантской системе складок местности, обнаруженной в 1971–1972 годах зондом Mariner 9.



Нейтронный телескоп ФРЕНД

Три с половиной миллиарда лет назад тектонические процессы, вызванные извержениями гигантских вулканов, привели к образованию колоссального разлома коры, пролегающего вдоль экватора Красной планеты на 4000 км – на четверть ее окружности. Эта гигантская «рана» на поверхности Марса в десять раз длиннее, в двадцать раз шире (до 200 км) и в шесть раз глубже (до 11 км) знаменитого Большого каньона в Аризоне. Ученые предполагают, что, эволюционируя, разлом коры периодически заполнялся водой (на склонах – следы оползней и проток) и сегодняшний вид приобрел два миллиарда лет назад.



Карта доли воды на дне Долины Маринера, построенная TGO по данным ФРЕНД. Цветами обозначены оценки доли воды в грунте до глубины около 1 м. Обнаружены три области: 40.3% массовой доли воды в центре (С), 12.4% – в области В и 7% – на границе (А)

Долины Маринера считаются одним из интереснейших мест Солнечной системы и важнейшим объектом исследований миссии «Экзо-Марс». Планетологи неоднократно высказывали гипотезы о присутствии льда на дне каньонов.

СЮРПРИЗЫ ДОЛИН МАРИНЕРА

Измерения ФРЕНД показали, что концентрация водорода в грунте района Кандор соответствует массовой доле воды в веществе 40%! В ближайших к нему областях это значение снижается до 1–2%. Если эти оценки верны, то значит, что в этом месте находятся залежи водяного льда. Площадь ледника оценивается в 41 тыс км² – вдвое больше крупнейшего в Европе Ладожского озера!

Это открытие показало, что Марс по-прежнему преподносит сюрпризы. Хотя водяной лед лежит на полюсах планеты, вне полярных районов в открытом виде его практически нет – он испаряется из-за низкого атмосферного давления и высокой (по сравнению с полюсами) температуры. Лишь в определенных местах в низких широтах, например на дне ущелий и каньонов, где плохое освещение и температура не поднимается выше критической, возможно существование ледников.

Пока имеются две гипотезы их образования. Согласно первой, ледники возникли вместе

с самым каньоном пару миллиардов лет тому назад и состоят из древней замерзшей воды «молодого» Марса. По второй, лед скопился в каньоне со временем, за счет эпизодических потоков грунтовой воды, которая выходит из склонов и замерзает на дне.

Первые карты распределения нейтронов (индикатор наличия воды) составил российский детектор высокоскоростных нейтронов ХЕНД, установленный на американском зонде Mars Odyssey. Этот прибор также был создан в ИКИ РАН.

Аппарат с октября 2001 г. работает на орбите вокруг Марса. С его помощью уже в начале 2000-х годов ученые зарегистрировали неожиданно высокую концентрацию воды в грунте в некоторых экваториальных районах – до 10% по весу, причем результат подтвержден гамма-спектрометром GRS на борту того же зонда.

Однако конструкция прибора ХЕНД позволяла получить не очень высокое пространственное разрешение – около 600 км при работе с высоты 400 км над поверхностью. Этого недостаточно, чтобы изучить локальные особенности нейтронного излучения поверхности Марса. В результате наблюдения «на месте» могут отличаться от средних значений по району. Это стало очевидно, в частности, когда на поверхности Марса заработал американский марсоход

Curiosity. Российский спектрометр ДАН (тоже разработка ИКИ), стоящий на его борту, изучает распределение водяного льда непосредственно по курсу следования ровера внутри кратера Гейла.

По измерениям ДАН, воды в кратере немного: в среднем 2–3% по массе, тогда как по картам ХЕНД в этом районе должно быть 4–5%. Понятно, что для более точных результатов нужны «локальные» измерения, но при этом охватывающие большие площади. ФРЕНД – огромный шаг в этом направлении, его пространственное разрешение составляет до 60 км.

НЕ ТОЛЬКО В ТВЕРДОМ, НО И В ЖИДКОМ ВИДЕ

Точные карты распределения воды в марсианском грунте крайне важны для определения районов посадки будущих миссий – как автоматических, так и – в будущем – пилотируемых. ФРЕНД позволил построить глобальную карту массовой доли воды в веществе Красной планеты, а также выявить локальные районы с аномальным содержанием H_2O .

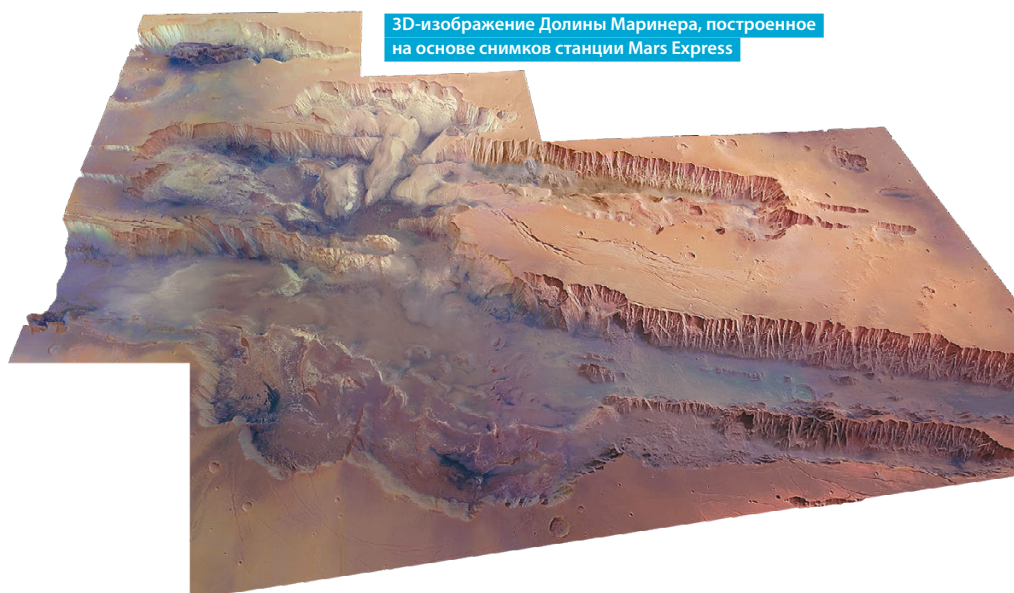
Более того: некоторые ученые считают, что вода на Марсе может существовать не только как лед, но и как жидкость. Еще в 2018 г. радарное сканирование, выполненное локатором MARSIS европейского орбитального зонда Mars Express с околомарсианской орбиты, показало признаки наличия жидкой воды у южной полярной шапки. Однако в начале 2022 г. эту гипотезу опровергли американские ученые из Техасского университета в Остине. По их мнению, «озеро» не более чем глюк радара, мираж, получившийся в результате отражения радиоволн от марсианской пыли. Вывод они обосновывают практической идентичностью результатов сравнения радарного сканирования полярной шапки в 2018 г. и свежих данных обработки равнин с вулканическими породами. Исследователи предполагают, что жидкая вода на Марсе сохранится, если будет очень соленой и расположится рядом с неким природным источником тепла.

Противоположная точка зрения: жидкая вода есть и находится подо льдами южной полярной шапки. Профессор американского Юго-Западного исследовательского института в Техасе Дэвид Стилл-

ман измерил сигнатуры смесей льда и соленых растворов, охлажденных до температуры минус 100°C. Лабораторные эксперименты соответствовали данным радарного исследования 2018 г. Однако, по словам Стиллмана, «исследование показало, что на Марсе нет открытых озер, в которых плещутся рассолы на основе перхлоратов или хлоридов. Эти рассолы могут существовать в промежутках между зернами льда или осадочных горных пород, и этого количества достаточно для формирования диэлектрического ответа [на радаре]. Картина напоминает морской песок, пропитанный водой на берегу, но при температурах минус 70°C под километровым слоем льда в окрестностях южного полюса Марса».

ЛЕД И МИКРОБЫ

Пока нет однозначных подтверждений существования на Марсе больших ледников на экваторе или соленых жидких озер под полярными шапками. Эти предположения ученые проверяют в следующих марсианских миссиях. Но собранных фактов хватит, чтобы изучение ледников на дне марсианских каньонов стало одним из основных направлений «контактных» исследований Марса. Довод прост. Если ледник древний, он может хранить минералы ранних эпох Марса и следы древней жизни. А если ледник новый, то не исключено обнаружение жизни, которая существует и теперь. Кроме того, запасы воды, пусть даже в виде льда, – это ресурс для будущих экспедиций и для устройства человеческих колоний на Марсе. Из воды можно получать ракетное топливо – кислород и водород. Оба газа пригодятся «в хозяйстве» колонистов, не говоря уже о том, что воду можно пить или поливать ею растения. ■



3D-изображение Долины Маринера, построенное на основе снимков станции Mars Express