

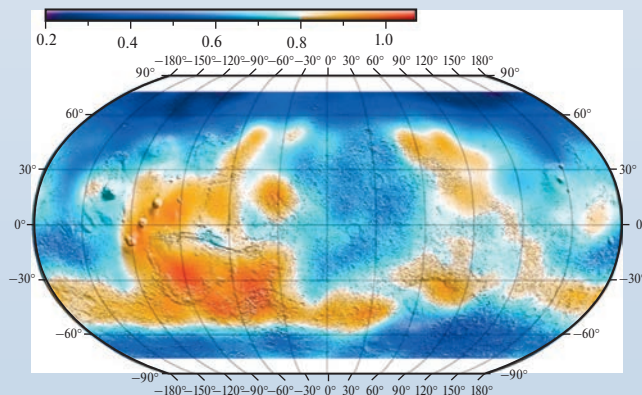
Информация

Первая карта распределения воды в подповерхностном слое грунта Марса получена с помощью прибора FRENД

Задача российского нейтронного детектора FRENД на борту автоматической межпланетной станции TGO миссии "ЭкзоМарс-2016" (ЗиВ, 2016, №3) – исследование нейтронного потока от поверхности Марса, который свидетельствует о наличии водяного льда или гидратированных минералов в верхнем (примерно до 1 м) слое грунта планеты.

Результаты первого года работы были представлены на пресс-конференции 10 апреля 2019 г. в Вене на Генеральной ассамблее Европейского союза наук о Земле (Австрия).

Прибор FRENД – прямой "наследник" российского нейтронного детектора ХЕНД, который с 2001 г. работает на борту орбитального аппарата "Марс Одиссей" (NASA). Именно с помощью ХЕНДа впервые было показано, что водород и водяной лед распространены в грунте Красной планеты. Но пространственное разрешение данных прибора было низким – около 600 км с орбиты высотой 400 км. Эксперимент FRENД был подготовлен для того, чтобы составить карту с гораздо лучшим показателем: около 60 км с высоты 400 км (рабочая орбита TGO). Для того чтобы достичь такого разрешения, необходимо накопить данные примерно за один марсианский год (или за два земных).



Карта распределения водорода в верхнем слое грунта Марса, построенная по данным наблюдений, выполненных с помощью прибора FRENД на борту АМС TGO в течение 131 дня (с 3 мая по 10 сентября 2018 г.), которые покрывают территорию между 70° с.ш. и 70° ю.ш. Кроме хорошо заметных районов вечной мерзлоты на полюсах, на карте видны отдельные "сухие" и "влажные" районы, в том числе местности с большим содержанием водорода у экватора. (ESA; spacecraft: ATG/medialab; I. Mitrofanov et al.)

К настоящему времени карты, полученные с помощью FRENД, составлены с разрешением 300 км на пиксель. На них видны области вечной мерзлоты в полярных областях, а также экваториальные районы, где в верхнем слое грунта находится много водорода. Это может быть современная вечная мерзлота, или следы прошлого, свидетельствующие о том времени, когда экваториальные участки планеты были полюсами (существует много свидетельств того, что марсианская ось очень сильно "колебалась").

«По мере поступления новых данных эта карта будет улучшаться, но уже сейчас данные ФРЕНД превосходят те, что накопил ХЕНД за 16 лет работы», – говорит Игорь Митрофанов, научный руководитель эксперимента ФРЕНД, руководитель отдела ядерной планетологии ИКИ РАН. – «Таким образом, мы узнаем нахождение наиболее "влажных" районов Марса сейчас и в прошлом. Это важно и для исследования истории планеты, и для планирования будущих экспедиций».

По материалам ESA, докладов в ходе Научной сессии общего собрания Отделения физических наук РАН, ИКИ РАН

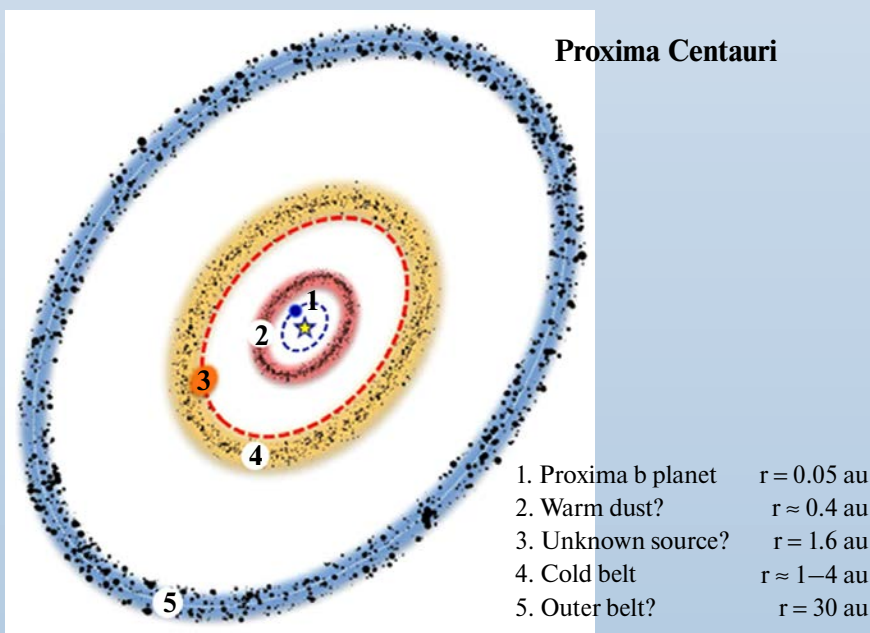
Информация

У Проксимы Центавра, возможно, обнаружена вторая планета

У ближайшей к Солнцу звезды Проксима Центавра методом лучевых скоростей обнаружена вторая планета – суперземля (или мини-нептун) с минимальной массой в 6 масс Земли и орбитальным периодом 1936 земных суток. Об этом 12 апреля было объявлено на конференции “Breakthrough Discuss-2019”, проходившей 11–12 апреля в Беркли (Великобритания).

Проксима Центавра – тусклый красный карлик, удаленный от нас на $1,302 \pm 0,002$ пк, или 4,25 световых года. Несмотря на близость, звезда не видна невооруженным глазом, ее светимость составляет всего 1/645 часть солнечной; диаметр – меньше, чем у нашего светила, в семь раз, а масса – в восемь раз. В августе 2016 г. было объявлено об открытии у Проксимы Центавра потенциально обитаемой планеты **Проксима b**, имеющей проективную массу 1,3 массы Земли и орбитальный период 11,186 земных суток. Планета вращается вокруг своей звезды на среднем расстоянии 0,0485 а.е. (то есть она к ней в 20,6 раза ближе, чем Земля к Солнцу), но из-за низкой светимости Проксимы Центавра получает от нее только 65% той энергии, что получает Земля от Солнца. Иначе говоря, ее температурный режим оказывается промежуточным между температурными режимами Земли и Марса.

И вот – новое открытие! 12 апреля 2019 г. Марио Дамассо из Туринской обсерватории (Италия) объявил об обнаружении в этой системе второй планеты – **Проксимы c**, с проективной массой около 6 масс Земли и орбитальным периодом примерно 1936 земных суток.



Сложная структура пылевого диска вокруг звезды Проксима Центавра. На рисунке показаны (без соблюдения пропорций): 1 – орбита планеты Проксима b; 2 – кольцо теплой пыли на расстоянии 0,4 а.е. от звезды; 3 – неизвестный источник, расположенный в 1,6 а.е. от звезды, – предполагаемая планета Проксима c; 4 – кольцо пыли и ледяных обломков – аналог пояса Койпера в Солнечной системе; 5 – возможный внешний пояс очень холодной пыли с температурой 10 К

Тут нужно сделать важное отступление. Обе планеты были открыты не непосредственно на снимках, а с помощью одного из косвенных методов, называемого методом измерения лучевых скоростей. Он основан на том, что, строго говоря, не планета вращается вокруг звезды, а и планета, и звезда вращаются вокруг общего центра масс. Вращение звезды вокруг центра масс системы приводит к периодическому смещению спектральных линий в ее спектре (как говорят ученые – к периодическим колебаниям ее лучевой скорости). Как правило, эти скорости очень малы. У Проксимы Центавра полуамплитуда колебаний лучевой скорости, вызванных планетой Проксима b, составила всего 1,38 м/с! Потребовалось выполнить 216 замеров на протяжении 15 лет, чтобы надежно выделить сигнал из шумов.

После открытия Проксимы b наблюдения за звездой продолжились. За 549 лет был получен дополнительно 61 замер лучевой скорости с помощью высокоточного спектрографа HARPS. Анализируя расширенные данные, исследователи учли колебания, обусловленные собственной активностью звезды, и колебания, вызванные планетой Проксима b. И оказалось, что Проксима Центавра совершает также колебания с периодом в 1936 земных суток, которые нельзя объяснить ни пятнами на ее поверхности, ни вспышками, ни прочими проявлениями внутренней активности. С большой долей вероятности это свидетельствует о том, что у нее есть вторая планета.

М. Дамассо подчеркивает, что пока это всего лишь гипотеза. Реальность планеты Проксима с еще предстоит подтвердить.

Если Проксима существует, то ее масса, как минимум, в шесть раз превышает земную. Точнее сказать нельзя, потому что метод лучевых скоростей позволяет измерить не истинную (физическую) массу планеты, а только проективную, т.е. произведение массы планеты на синус угла наклона ее орбиты к лучу зрения. Фактически значение проективной массы оказывается нижним пределом истинной массы планеты. Проксима c вращается вокруг своей звезды на среднем расстоянии ~1,5 а.е., то есть примерно на расстоянии Марса, но из-за низкой светимости Проксимы Центавра температурный режим планеты должен быть близок к таковому у Плутона. Скорее всего, планета представляет собой “легкий” аналог Нептуна.

Наблюдения Проксимы Центавра с помощью миллиметрового радиотелескопа ALMA привело к открытию пылевого кольца вокруг этой звезды. Оно располагается на расстояниях 1,3–4,0 а.е. от Проксимы, средняя температура пыли (точнее, мелких ледяных обломков миллиметрового и сантиметрового размера) составляет 40 К, что близко к температуре пыли в поясе Койпера в Солнечной системе. Это говорит о том, что Проксиму Центавра окружает собственный компактный аналог пояса Койпера, чья масса оценивается в 0,01 массы Земли.

Интересно, что на расстоянии 1,6 а.е. от звезды с помощью ALMA обнаружен довольно яркий источник миллиметрового излучения, который как раз и может оказаться планетой Проксима c! В полученных данных есть также “указание” на кольцо более теплой (температурой примерно 90К) пыли, находящееся на расстоянии 0,4 а.е. от звезды, однако для подтверждения его существования необходимы новые наблюдения. Также есть “знак” на наличие удаленного (примерно 30 а.е.) и очень холодного (~10 К) кольца пыли, которое тоже пока остается под вопросом.

Новые данные свидетельствуют, что у ближайшей к Солнцу звезды есть полноценная планетная система, включающая в себя как планеты, так и астероидные пояса. Изучение этой планетной системы только начинается, и нас наверняка ждет еще немало сюрпризов.

*Использованы новости конференции
“Breakthrough Discuss-2019” и др. материалы
(сайт электронных препринтов: arxiv.org)*

“ЭкзоМарс – 2016” не нашел метан на Марсе

10 апреля 2019 г. на Генеральной ассамблее Европейского союза наук о Земле в Вене (Австрия) состоялась пресс-конференция, где журналистам были представлены первые результаты исследования атмосферы Марса, выполненные с помощью спектрометрических комплексов ACS и NOMAD, а также карты распределения подповерхностного льда, построенные с помощью нейтронного спектрометра FREND. Все три прибора работают на борту автоматической межпланетной станции “Trace Gas Orbiter” (TGO) российско-европейской миссии “ЭкзоМарс-2016”.

Впрочем, назвать оглашение результатов публичным будет не совсем точно: научные статьи с теми же данными были опубликованы в журнале “Nature” в тот же день, но, по правилам публикации, говорить о них разрешалось только, начиная с 20:00 по московскому времени. Поэтому журналисты, узнавшие о результатах TGO уже в 11 часов утра, вынуждены были молчать несколько часов, так что результаты марсианской экспедиции несколько “потерялись” на фоне громкой пресс-конференции о первом “прямом” изображении черной дыры.

А они оказались, без большого преувеличения, сенсационными и, видимо, приведут к пересмотру многих представлений о химическом цикле в атмосфере Марса.

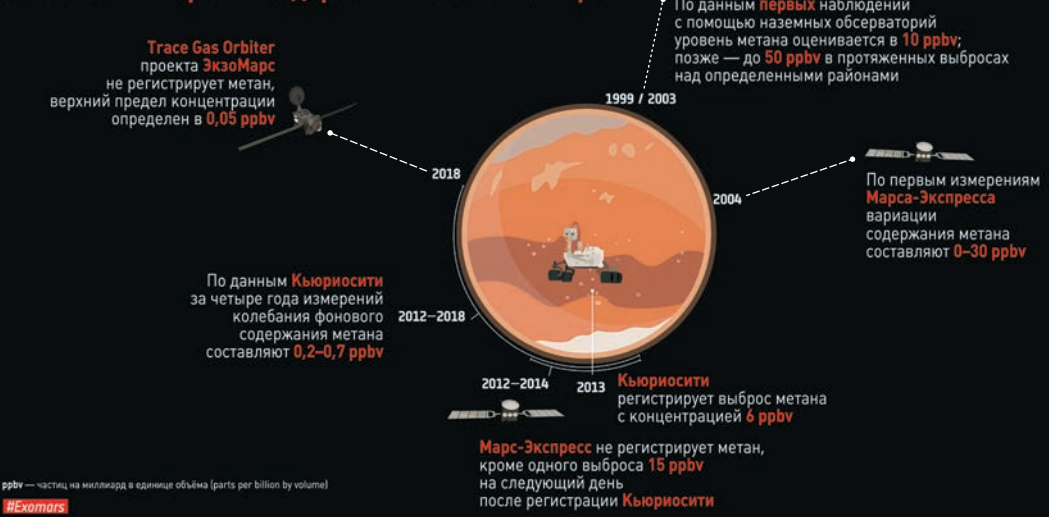
С помощью российского спектрометрического комплекса ACS и бельгийского научного прибора NOMAD не удалось зарегистрировать в атмосфере Марса метан. Это означает, что его концентрация вряд ли превышает уровень в 50 частиц на триллион, а это в 10–100 раз меньше, чем “показывали” предыдущие наземные и космические эксперименты.

Отрицательный результат на самом деле удивителен, если учесть всю историю поиска метана на Марсе.

Впервые линии поглощения метана на Марсе обнаружили в 1999 г. с помощью инфракрасного спектрометра на канадско-французско-гавайском телескопе.

ЗАГАДКА МЕТАНА НА МАРСЕ

Основные измерения содержания метана на Марсе



“Кьюриосити”. “Марс-Экспресс”

Его концентрацию оценили в 10 ± 3 части на миллиард в единице объема (ppbv). Затем в 2003 г., тоже с Земли, был зарегистрирован значительный выброс этого газа с концентрацией 45 ppbv. В 2004 г. с помощью прибора PFS на АМС “Марс-Экспресс” (ЕКА), как предполагается, также был зарегистрирован метан в количестве около 10 ppbv.

Однако с помощью марсохода “Кьюриосити”, работающего в кратере Гейла с конца 2011 г., метан вначале не был зарегистрирован вообще, его концентрация ограничена значением в 0,2 ppbv (или 200 частицами на триллион, pptv, – предел чувствительности прибора), а потом аппарат несколько раз “наблюдал” значительное кратковременное повышение, вплоть до 9 ppbv.

В 2013 г. с помощью лазерного спектрометра TLS на борту “Кьюриосити” зарегистрировано повышение концентрации метана до 5,8 ppbv, и, что особенно интересно, с помощью спектрометра на борту аппарата “Марс-Экспресс” был подтвержден этот “выброс” в районе кратера Гейла, причем с еще большей концентрацией – 15,5 ppbv. Но в более чувствительном режиме тот же TLS фиксирует лишь “фоновые” значения на уровне 0,24–0,65 ppbv.

Три инфракрасных спектрометра в составе комплекса ACS на борту TGO были созданы именно для того, чтобы зарегистрировать метан, даже если его концентрация на два порядка меньше, чем “указывает” “Кьюриосити”, – не более нескольких частиц на триллион. Второй прибор на борту, также нацеленный на поиск малых составляющих атмосферы, – бельгийский спектрометрический комплекс NOMAD, тоже работающий в ИК-диапазоне

электромагнитного спектра. Оба комплекса могут “наблюдать” атмосферу как в надир, так и “на просвет” – в режиме солнечных затмений – когда регистрируется излучение Солнца, “прошедшее” через слой атмосферы Марса на лимбе планеты.

Научные наблюдения начались в апреле 2018 г., после почти годового периода “аэробрейкинга”, – “торможения с помощью атмосферы”. Результаты тестирований и калибровок показали, что приборы успешно “пережили” перелет и выход на рабочую орбиту высотой около 400 км. Исследователи приготовились изучать распределение малых концентраций метана в атмосфере, но... метан обнаружить не удалось.

«Спектрометры ACS, как и спектрометры комплекса NOMAD не зарегистрировали метан на Марсе во время измерений с апреля по август 2018 г. Наблюдения проводились в режиме солнечных затмений на всех широтах», – говорит **Олег Кораблёв**, научный руководитель спектрометрического комплекса ACS, руководитель отдела физики планет ИКИ РАН и соавтор двух статей, опубликованных в “Nature” 10 апреля 2019 г.

Означает ли это, что “история метана” на Марсе закрыта?

В принципе результаты ACS и NOMAD “не исключают” присутствия метана в атмосфере полностью, но устанавливают верхний (и довольно жесткий) определенный предел его концентрации. Вывод статьи в “Nature” таков: метана в атмосфере Марса не может быть больше, чем 0,05 ppbv (или 50 частиц на триллион). Наиболее точные данные были получены для высот в 3 км в северном полушарии, и здесь этот предел еще ниже – 0,012 ppbv (12 частиц на триллион).

Установленный очень низкий верхний предел допускает, что на Марсе все же имеется до 500 т метана – он мог выделяться в течение 300 лет и разноситься по планете благодаря циркуляции атмосферы. Это в 10–100 раз меньше, чем показывали предшествующие эксперименты. Правда, новые данные правильнее сравнивать лишь с результатами TLS (“Кьюриосити”), так как другие приборы не были предназначены специально для регистрации метана.

«Переменность метана, его эпизодическое появление, сменяемое отсутствием, на самом деле представляет серьезную загадку для атмосферных физиков», – рассказывает научный руководитель программы “ЭкзоМарс–2016” от России член-корреспондент РАН Олег Кораблёв. – «В рамках нашего понимания процессов в атмосфере Марса не представляется возможным совместить вновь определенный верхний предел даже с низким “метановым фоном”, установленным “Кьюриосити”. А если посчитать единичные выбросы в кратере Гейл или в других местах – еще труднее объяснить, почему так малое среднее содержание во всей атмосфере. Для этого надо найти какой-то новый механизм быстрого разрушения метана вблизи от поверхности, который должен действовать очень избирательно (только на метан), не затрагивая другие химически активные составляющие атмосферы, измеренные концентрации которых очень хорошо воспроизводятся моделями».

По материалам ESA, “Nature”, ИКИ РАН
Рисунок ESA