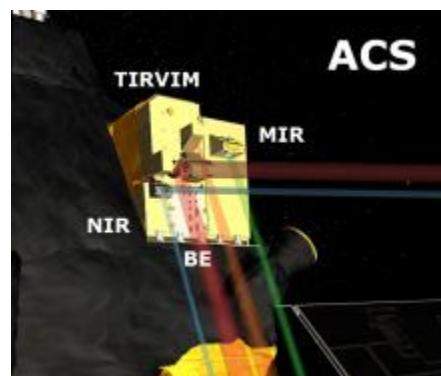


Новый год: на орбите вокруг Марса

В наступающем 2018 году на орбите Марса приступит к научной работе орбитальный модуль TGO миссии «ЭкзоМарс-2016» (ГК «Роскосмос» и Европейское космическое агентство). На борту космического аппарата находятся два российских прибора: АЦС и ФРЕНД, — разработанные и созданные в Институте космических исследований РАН.

В начале ноября 2017 г. в специальном выпуске высокорейтингового журнала Space Science Reviews вышла статья с подробным описанием спектрометрического комплекса АЦС и его научных задач (O. Korablev et al. [The Atmospheric Chemistry Suite \(ACS\) of Three Spectrometers for the ExoMars 2016 Trace Gas Orbiter](#)). Эта статья, хотя и вышла ещё до начала научных наблюдений, станет опорной для всех исследователей, которым предстоит работать с данными АЦС. Именно в ней подробно описаны особенности спектрометров комплекса, их научные задачи, результаты калибровочных измерений на земле и в полёте, запланированные режимы работы у Марса, предполагаемый объём данных и многие другие детали устройства и работы комплекса. Некоторые подробности рассказывает **Александр Трохимовский**, сотрудник отдела физики планет ИКИ РАН, ведущий по приборам НИР и МИР в составе комплекса АЦС.

АЦС — спектрометрический комплекс для атмосферных исследований (Atmospheric Chemistry Suite, ACS). Это один из российских приборов, установленных на орбитальном космическом аппарате *Trace Gas Orbiter* (сокращённо TGO) российско-европейской миссии «ЭкзоМарс-2016».



Исследования атмосферы и климата Марса определены как основные научные задачи космического аппарата и миссии в целом. С помощью аппаратуры АЦС будет очень подробно исследована атмосфера Марса. Для этого планируются два режима работы. Первый — чувствительные измерения малых составляющих атмосферы (т.е. газов, которых в атмосфере очень мало, всего несколько единиц на миллиард или даже триллион молекул) при наблюдении солнечных затмений. При этом аппарат наблюдает атмосферу «на просвет», в то время как Солнце постепенно скрывается за диском планеты. Второй метод — мониторинг состояния атмосферы при наблюдениях в надир, то есть непосредственно под аппаратом. Первый метод позволяет сказать, как разные вещества в атмосфере распределены по высоте, но второй метод может охватить большую площадь.

Эксперимент АЦС позволит приблизиться к решению многих глобальных проблем исследований Марса. В их числе — есть ли сейчас на планете активный вулканизм, каково современное состояние её климата и как он эволюционировал. Главная же задача, для которой и создавался комплекс, — поиск в атмосфере планеты метана и других малых газовых составляющих. Метан — один из главных парниковых газов и, возможно, маркер

биологической активности — был обнаружен на Марсе, но, по имеющимся наблюдениям, его концентрация очень сильно меняется от места к месту. Откуда он берётся — на этот вопрос, как надеются исследователи, можно будет ответить уже в ближайшем будущем.

Комплекс АЦС был создан ИКИ РАН с использованием опыта, накопленного при создании приборов для предыдущих проектов: «Марс-96», «Марс-Экспресс» (ЕКА), «Венера-Экспресс» (ЕКА), «Фобос-Грунт». Аппаратура состоит из трех независимых ИК-спектрометров и блока электроники, объединенных в единой конструкции.

Спектрометры комплекса перекрывают спектральный диапазон от ближней инфракрасной области (0,7 мкм) до теплового инфракрасного диапазона (17 мкм) при спектральной разрешающей силе $\lambda/\Delta\lambda$, достигающей рекордных 50000. Это значит, что спектрометр может разделить излучения с длинами волн, которые отстоят друг от друга всего на десятые доли нанометра.

Канал ближнего ИК-диапазона (НИР, от Near-InfraRed) — компактный спектрометр на принципе комбинации акустико-оптического перестраиваемого фильтра (АОПФ) и эшелле-спектрометра, в котором АОПФ используется для выбора порядков дифракции.

Канал среднего ИК-диапазона (МИР, от Mid-InfraRed) — эшелле-спектрометр со скрещенной дисперсией, предназначенный для измерений в режиме солнечных затмений. Чтобы достичь высокую разрешающую силу, используется уникальный оптический элемент — эшелле-решетка больших размеров (107×240 мм), разделение порядков дифракции производится по принципу скрещенной дисперсии при помощи дополнительной подвижной дифракционной решетки.

Третий прибор — канал теплового ИК-излучения (ТИРВИМ, от Thermal-InfraRed, вторая часть названия ВИМ дана в честь инициалов Василия Ивановича Мороза, основателя инфракрасной спектроскопии в планетологии. Это Фурье-спектрометр с апертурой 5 см, построенный по принципу двойного маятника. Прибор измеряет спектр во всем диапазоне 1,7–17 мкм.

Масса всего комплекса — 33,5 кг. Приблизительно две трети от неё занимают каналы МИР и ТИРВИМ. Оставшаяся масса распределяется между каналом НИР, блоком электроники, общими элементами крепления, межблочными кабелями и экранно-вакуумной теплоизоляцией.

Эксперимент АЦС должен внести серьезный вклад в решение фундаментальных проблем, стоящих перед исследователями Марса. Тестовые включения во время перелета к Марсу показали полное соответствие характеристик заявленным показателям. Задачи исследования современного климата Марса и его эволюции будут решены путем мониторинга состояния атмосферы, измерения изотопов атмосферных газов, в частности, отношения дейтерия к водороду, которое говорит о том, как из атмосферы планеты исчезала вода.

К проблеме поиска следов жизни на Марсе напрямую относятся измерения малых составляющих атмосферы — тех газов, которые имеют потенциальную биологическую значимость, в частности, метана. Сегодня известно, что в атмосфере молекул этого газа меньше 8 единиц на миллиард; АЦС сможет «поймать» метан, если его концентрация в атмосфере меньше одной молекулы на миллиард.

Александр Трохимовский заключает: «Данные АЦС пополняют постоянно обновляемую базу знаний о Марсе, созданную предыдущими экспериментами, и позволит решить основные задачи дистанционных атмосферных исследований Марса на годы вперед». Наблюдения в рамках научной программы TGO должны начаться весной нового 2018 года, когда аппарат достигнет заданной высоты рабочей орбиты 400 км.



Лётный экземпляр комплекса АЦС на борту аппарата TGO, покрытый экранно-вакуумной теплоизоляцией (с) Роскосмос/ЕКА/ЭкзоМарс/АЦС/ИКИ

- *Новости проекта "[ЭкзоМарс](#)"*

Эксперимент АЦС/ACS (Atmospheric Chemistry Suite, «Комплекс для изучения химии атмосферы») разработан для решения главной научной задачи миссии — исследование состава марсианской атмосферы с орбиты искусственного спутника. Приборный состав АЦС позволит обнаружить малые составляющие атмосферы, наблюдать свечения, проводить мониторинг аэрозолей, трехмерных полей температуры. Комплекс составляют три научных канала: АЦС-ТИРВИМ, АЦС-НИР, АЦС-МИР — и АЦС-БЭ (блок электроники). Научный руководитель эксперимента — д.ф.-м.н. Олег Игоревич Кораблёв (ИКИ РАН). Заместитель научного руководителя: Франк Монмессан (LATMOS CNRS) Прибор создан в ИКИ РАН. Соисполнители: ОАО «Научно-исследовательский институт микроприборов им. Г.Я. Гуськова» (г. Зеленоград), ООО «НПП «Астрон Электроника» (г. Орел), LATMOS CNRS (Франция). В приборе использованы ключевые компоненты производства НИИОП (Россия), AMOS и Xenix (Бельгия), SOFRADIR (Франция), RICOR (Израиль). Научная команда эксперимента включает исследователей из России, Франции, Германии, Италии, Испании, Бельгии, Великобритании, Швейцарии, США и Японии.

Проект «ЭкзоМарс» — совместный проект Роскосмоса и Европейского космического агентства.

Проект реализуется в два этапа. Первая миссия с запуском в 2016 году включает два космических аппарата: орбитальный *Trace Gas Orbiter* (TGO) для наблюдений атмосферы и поверхности планеты и посадочный модуль «Скиапарелли» (*Schiaparelli*) для отработки технологий посадки.

Научные задачи аппарата TGO — регистрация малых составляющих марсианской атмосферы, в том числе метана, картирование распространенности воды в верхнем слое грунта с высоким пространственным разрешением порядка десятков км, стереосъемка

поверхности. На аппарате установлены два прибора, созданные в России: спектрометрический комплекс АЦС (ACS — Atmospheric Chemistry Suit, Комплекс для изучения химии атмосферы) и нейтронный телескоп высокого разрешения ФРЕНД (FRIEND, Fine-Resolution Epithermal Neutron Detector). Также Россия предоставляет для запуска ракету-носитель «Протон» с разгонным блоком «Бриз-М».

Второй этап проекта (запуск 2018 г.) предусматривает доставку на поверхность Марса российской посадочной платформы с европейским автоматическим марсоходом на борту. На марсоходе установлен комплекс научной аппаратуры «Пастер», в который входит два российских прибора: ИСЕМ и АДРОН-МР. Главная цель исследований с борта марсохода — непосредственное изучение поверхности и атмосферы Марса в окрестности района посадки, поиск соединений и веществ, которые могли бы свидетельствовать о возможном существовании на планете жизни. Россия отвечает за посадочную платформу, которая доставит марсоход на поверхность планеты. После схода марсохода платформа начнёт работать как долгоживущая автономная научная станция. На её борту будет установлен комплекс научной аппаратуры для изучения состава и свойств поверхности Марса. Россия также предоставляет для запуска ракету-носитель «Протон-М» с разгонным блоком «Бриз-М».

В рамках обоих этапов в России будет создан объединенный с ЕКА наземный научный комплекс проекта «ЭкзоМарс» для приёма, архивирования и обработки научной информации.

Теги:

[Александр Трохимовский](#), [ЭкзоМарс](#), [ЭкзоМарс-2016](#), [АЦС](#), [Марс](#), [атмосферы планет](#), [марсианская атмосфера](#), [метан](#), [научные приборы](#), [публикация](#)

Дополнительная информация:

1. Korablev, O., Montmessin, F., Trokhimovskiy, A. et al. *Space Sci Rev* (2018) 214: 7. <https://doi.org/10.1007/s11214-017-0437-6>
2. Сайт проекта "[ЭкзоМарс](#)" на портале Европейского космического агентства
3. Сайт проекта "[ЭкзоМарс](#)", поддерживаемый ИКИ РАН

[Новости пресс-центра ИКИ РАН](#)