

ВЕЛИКИЙ МАРСИАНСКИЙ ДЕСАНТ 2020 ГОДА

ЛИСОВ Игорь Анатольевич

DOI: 10.7868/50044394820050035

В июле 2020 года с Земли к Марсу стартовали сразу три экспедиции, две из которых имеют целью доставку марсоходов на Красную планету. Участниками межпланетного «забега» стали Объединенные Арабские Эмираты, Китай и США.

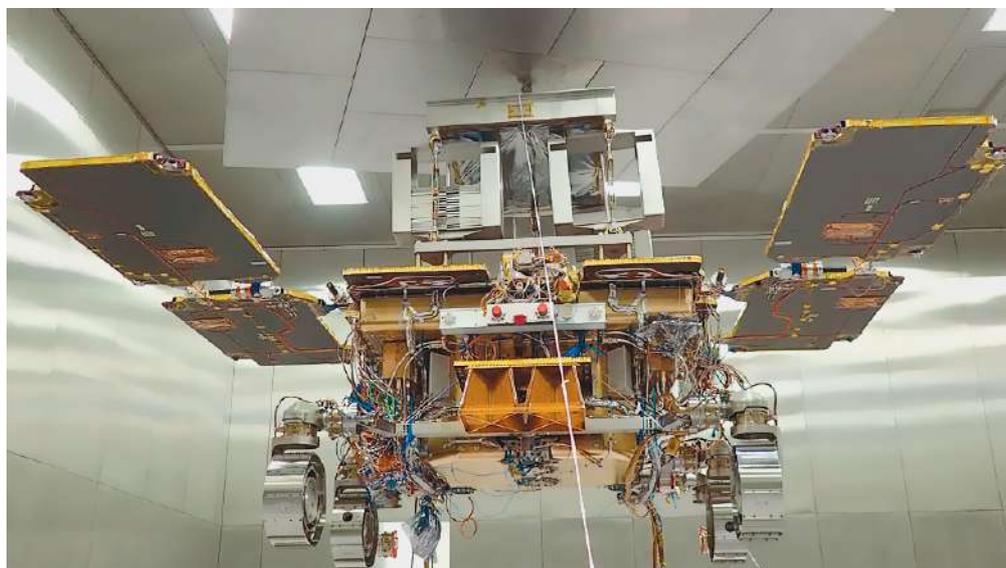
ОТСРОЧКА EXOMARS 2020

Первоначально на астрономическое окно 2020 года нацеливался и четвертый участник. С Байконура на ракете «Протон-М» с разгонным блоком «Бриз-М» должен был стартовать посадочный комплекс совместной разработки России и Европейского космического агентства с европейским марсоходом для поиска следов прошлой жизни в марсианском грунте. Марсо-

ход *Rosalind Franklin* был оснащен буровой установкой и комплексом аналитических инструментов, включая анализатор органических молекул Марса MOMA (Mars Organic Molecule Analyzer), созданный в Институте исследований Солнечной системы Общества Макса Планка (ФРГ) при участии американских и французских научных учреждений.

Однако разработка посадочного аппарата столкнулась с проблемами, наиболее серьезными из которых стали

Марсоход «Розалинд Франклин» российско-европейской миссии «ЭкзоМарс-2020» на испытаниях. Фотография: Airbus



отказы европейской парашютной системы при наземных испытаниях. Так, при сбросе с аэростата 28 мая 2019 г. на полигоне Кируна в Швеции были отмечены радиальные разрывы 35-метрового основного купола, а во втором тесте 5 августа 2019 г. из-за повреждения основного купола макет спустился на одном вытяжном парашюте. На доработки и новые испытания оставалось очень немного времени, а в условиях начинающейся пандемии коронавируса любые совместные работы могли непредсказуемо затянуться. В результате 12 марта 2020 года ЕКА и ГК «Роскосмос» объявили решение о переносе второго старта программы ExoMars на следующее астрономическое окно в августе–октябре 2022 г.

Это вынужденное решение – уже второе в истории европейско-российского проекта¹: ранее второй старт по программе ExoMars был перенесен с 2018 на 2020 год. Хочется надеяться, что космические агентства России и Европы найдут дополнительные средства на реализацию проекта в течение двух незапланированных лет, а спутник-ретранслятор TGO, отправленный к Марсу в первом пуске в марте 2016 года, дождет своего напарника и обеспечит его работу на поверхности Красной планеты.

«АЛЬ-АМАЛЬ» – НОВАЯ «НАДЕЖДА»

19 июля 2020 г. в 21:58 UTC со стартового комплекса Космического центра Танэгасима стартовал японский носитель Н-ПА (202), несущий самый экзотический среди марсианских зондов 2020 года – эмиратский аппарат «Аль-Амаль», что означает «Надежда». За-

¹ О первой части проекта «ЭкзоМарс» см. ЗиВ. 2016. №3.

дача его намного проще, чем у двух других проектов – достичь Марса в феврале 2021 г. и выйти на орбиту вокруг него. Научное предназначение аппарата – изучение климата Марса, политическое – «демонстрация флага». «Аль-Амаль» является первым аппаратом стран арабского мира, отправленным в межпланетное путешествие, и, если полет пройдет успешно, ОАЭ наглядно продемонстрирует свое лидерство в «арабской космонавтике», а заодно и отметит 50-летие образования страны.

Проект «Аль-Амаль» объявил в июле 2014 г. эмир Абу-Даби и президент ОАЭ шейх Халифа бин-Зайед аль-Нахьян. Разработку финансировало Космическое агентство ОАЭ, а вел ее Космический центр имени Мохаммеда бин-Рашида. До сих пор фактически там был создан и в октябре 2018 г. запущен всего один спутник для съемки Земли «Халифасат» массой 300 кг, и то на базе южнокорейского проекта. На этом скромном фоне полуторатонный «Аль-Амаль» выглядел поистине гигантским скачком вперед.

Следует отметить, что вместе со 150 инженерами и учеными ОАЭ во главе с руководителем проекта Омраном Шарафом над ним работали около 200 американских инженеров и ученых. Более того, завершающий этап сборки был выполнен в Лаборатории атмосферной и космической физики (LASP) Университета Колорадо. Климатические испытания аппарата также проводились в США в период с июня по декабрь 2019 г. Завершающая серия критически важных тестов прошла в Дубае, в Центре бин-Рашида.

20 апреля 2020 г. зонд привезли в международный аэропорт Аль-Мактум, откуда начался долгий 83-часовой перелет в Нагою на Ан-124 российской компании «Волга–Днепр». Оттуда контейнер с космическим аппаратом (КА) доставили по морю в Танэгасиму,



Космический аппарат «Аль-Амаль» перед запуском. Фото Космического центра имени Мохаммеда бин-Рашида, сайт <https://www.emiratesmarsmission.ae>

и 24 апреля аппарат был принят на предстартовую подготовку. Старт состоялся с задержкой на пять суток по метеоусловиям.

Марсианский зонд выполнен в виде шестиугольной призмы диаметром 2.37 м и высотой 2.90 м. Три панели солнечных батарей дают 600 Вт мощности для системы электропитания. Звездный датчик является основным измерительным средством в системе ориентации, а четыре маховика – ее исполнительными органами. Кроме того, аппарат имеет восемь ЖРД ориентации тягой по 5 Н для разгрузки маховиков и шесть двигателей направленного перемещения тягой по 120 Н. Все они работают на однокомпонентном топливе – гидразине, запас которого составляет 800 кг. Радиокомплекс Лаборатории прикладной физики Университета Джонса Хопкинса (США) с остронаправленной антенной диаметром 1.5 м обеспечивает «общение»

с Землей в X-диапазоне со скоростью от 1600 до 250 кбит/с, в зависимости от текущего расстояния между двумя планетами.

Научная аппаратура «Аль-Амаль» состоит из трех инструментов, созданных в университетах США при участии эмиратских специалистов из Центра бин-Рашида:

- Камера EXI (Emirates eXploration Imager) – автономная двухканальная цифровая камера для спектральной съемки с пространственным разрешением 5 км в кадре размером 4096×3072 элементов и с 12-битной оцифровкой. Инструмент имеет шесть узкополосных фильтров: три в видимом диапазоне (405–469, 506–586 и 625–645 нм) и три в ультрафиолетовом (205–234, 245–275 и 305–335 нм). Данные EXI позволяют измерить свойства льда, воды, пыли и озона в атмосфере Марса. Инструмент также будет использоваться для цветной съемки планеты;

• Инфракрасный спектрометр EMIRS (Emirates Mars InfaRed Spectrometer) для теплового картирования Марса и поиска водных и ледяных облаков и пыли в атмосфере планеты для изучения ее теплового режима и круговорота воды на Марсе. Прибор представляет собой Фурье-спектрометр на диапазон 6–40 мкм при спектральном разрешении 5 и 10 см⁻¹ и пространственном разрешении 300 км. Инструмент будет выполнять до 60 измерений в неделю;

• Ультрафиолетовый спектрометр EMUS (Emirates Mars Ultraviolet Spectrometer) на диапазон 100–170 нм для регистрации уходящих от Марса ионов кислорода и водорода. Пространственное разрешение инструмента составляет 300 км, спектральное в трех каналах – 1.3, 1.8 и 5.0 нм.

Камеру EXI разработали в LASP при участии Университета Калифорнии в Беркли, спектрометр EMUS – в LASP, а инструмент EMIRS – в Университете штата Аризона. Для управления полетом привлекаются американские командно-телеметрические средства. Центр научных данных и основной центр управления размещен в Центре бин-Рашида, резервный – в Боулдере (США). В общем, еще вопрос, следует ли считать «Аль-Амаль» эмиратским проектом или американским...

После примерно 200 суток полета КА сблизится с Марсом и выполнит в течение 30 минут торможение с целью выйти на орбиту наклонением 25° и высотой 22 000 км в перигентре и 44 000 км в апоцентре с периодом обращения 55 ч. Рабочая орбита планиру-

ется высотой 1000 × 49 380 км с 40-часовым периодом. Зонд должен проработать два года с возможностью продления еще на два.

«ТЯНЬВЭНЬ-1» – ИМПЕРИЯ ЗАДАЕТ ВОПРОСЫ

23 июля 2020 г. в 04:41 UTC с космодрома Вэньчан на острове Хайнань стартовала китайская ракета «Чанчжэн-5» (CZ-5 №Y4) с первым китайским марсианским комплексом «Тяньвэнь-1» (天问一号), который включает в себя орбитальный аппарат и десантный модуль с посадочным аппаратом и марсоходом. Этот пятитонный зонд – самый сложный и тяжелый среди всех планировавшихся в астрономическое окно 2020 года. И оставшийся пока на Земле ExoMars 2020, и стартовавший тре-

тым американский аппарат проще и дешевле: в их составе нет орбитального аппарата, а лишь перелетный модуль для прямой доставки десантного модуля в атмосферу Марса. Больше того: до сих пор никто в мире не пытался отправить на Марс сразу все три компонента: орбитер, лэндер и ровер.

Первым китайским КА для исследования Огненной планеты (так буквально переводится ее китайское название «Хосин») должен был стать спутник «Инхо-1» массой 110 кг, созданный специалистами Шанхайской исследовательской академии космической техники SAST

под руководством главного конструктора Хоу Цзяньвэня. 8 ноября 2011 г. он был запущен в составе российского

23 июля 2020 г. в 04:41 UTC с космодрома Вэньчан на острове Хайнань стартовала китайская ракета «Чанчжэн-5» (CZ-5 №Y4) с первым китайским марсианским комплексом «Тяньвэнь-1» (天问一号), который включает в себя орбитальный аппарат и десантный модуль с посадочным аппаратом и марсоходом. Этот пятитонный зонд – самый сложный и тяжелый среди всех планировавшихся в астрономическое окно 2020 года

комплекса «Фобос-Грунт», однако последний вышел из строя еще на околоземной орбите и не смог отправиться к Марсу.

До этой аварии китайская перспективная программа изучения Марса строилась по тем же «лекалам», что и лунная: сначала большой орбитальный аппарат (его планировалось запустить в 2016 г.), затем посадочный комплекс с марсоходом и в третью очередь – доставка грунта с планеты. После гибели «Инхо-1» она была пересмотрена, и в июне 2014 г. академик Оуян Цзыюань объявил, что уже в первом полете будут решаться задачи двух этапов – выход на орбиту вокруг Марса и доставка ровера на планету.

Уже в ноябре 2014 г. на Авиакосмическом салоне в Чжухае были продемонстрированы элементы перспективного марсианского проекта – макеты ровера, посадочного устройства и орбитального аппарата для старта «примерно в 2020 году». Тем не менее лишь 11 января 2016 г. Госсовет КНР утвердил к реализации первый чисто китайский проект изучения Красной планеты. Об этом официально объявил директор Китайской национальной космической администрации Сюй Дачжэ на пресс-конференции 22 апреля 2016 г., в преддверии Дня космонавтики КНР – годовщины запуска первого спутника «Дунфанхун-1» в апреле 1970 г.

Проектная конфигурация марсианского зонда была впервые представлена в августе 2016 г. Комплекс суммарной массой около 5000 кг включал орбитальный аппарат начальной массой 3175 кг и десантный модуль. Работу над орбитальным аппаратом в SAST начинали под руководством Хоу Цзяньвэня, а довела ее до старта Чжан Юйхуа. За десантный модуль и марсоход и за

комплекс в целом отвечала Пекинская исследовательская академия космической техники CAST. Общее руководство проектом осуществляли главный конструктор миссии Чжан Жунцяо, административный руководитель Хэ Жунвэй и главный конструктор Сунь Цзэчжоу.

Марсианский комплекс был изготовлен в срок, невзирая на различные обстоятельства, в том числе и отнюдь не технического свойства, и прошел полный объем наземной отработки

Марсианский комплекс был изготовлен в срок, невзирая на различные обстоятельства, в том числе и отнюдь не технического свойства, и прошел полный объем наземной отработки. В частности,

состоялись всесторонние испытания парашютной системы в серии высотных пусков в 2016–2018 гг. и два сброса посадочного аппарата на специальном стенде с имитацией марсианской гравитации, построенном всего за 15 месяцев в городе Чжанцзякоу уезда Хуайлай провинции Хэбэй, – зачетный 29 октября и демонстрационный 14 ноября 2019 г. В последнем тесте в присутствии приглашенных членов дипломатического корпуса и журналистов макет посадочного аппарата был отделен на высоте 70 м, завис на отметке 67 м и выполнил в режиме уклонения от препятствий спуск на двигателе до 20-метровой высоты.

А вот старт в июле 2020 г. долгое время находился под вопросом из-за неготовности ракеты. Как известно, первый пуск носителя CZ-5 в ноябре 2016 г. был успешным, а вот второй в июле 2017 г. окончился аварией. Поиск и устранение ее причин заняли два с половиной года, и третий пуск провели лишь 27 декабря 2019 г. Успех этого старта, а затем и штатный полет похожей ракеты CZ-5B в мае 2020 г. открыли путь к марсианской миссии.

К этому времени китайский марсианский аппарат обрел собственное имя «Тяньвэнь-1» вместо прежнего услов-

ного обозначения «Хосин-1» («Марс-1»). Оно было вторым по итогам всекитайского конкурса названий, итоги которого подвели еще в январе 2017 г., но присвоение имени состоялось лишь 24 апреля 2020 г. Слово «Тяньвэнь» (буквально «Вопросы к небу») является отсылкой к одноименной поэме Цюй Юаня, написанной в III веке до н.э. Оно стало одновременно и названием всей программы исследования планет китайскими аппаратами, и именем первого марсианского комплекса. Занятно, что теми же иероглифами, но в обратном порядке («Вэньтянь»), назван один из исследовательских модулей будущей китайской пилотируемой станции.

Элементы комплекса доставили на космодром 10 апреля 2020 г. Ступени ракеты CZ-5 №У4 были отправлены 16 мая из порта Тяньцзинь на специализированных судах «Юаньван-21» и «Юаньван-22». 21 мая они прибыли в порт Вэньчан, где контейнеры выгрузили и 24 мая доставили в монтажно-испытательный корпус космодрома Вэньчан. Полностью готовый носитель вывезли на старт 17 июля.

Старт прошел штатно, и «Тяньвэнь-1» вышел на траекторию перелета к Марсу. В пути запланированы четыре коррекции траектории и один большой маневр 5 октября с использованием маршевого двигателя орбитального аппарата тягой 3000 Н, заимствованного со взлетной ступени лунной станции «Чанъэ-5». 11 февраля китайский аппарат вновь включит его для торможения и выхода на начальную орбиту спутника Марса с перицентром на высоте 400 км и апоцентром 180 000 км, которая затем будет скорректирована до $265 \times 57\,800$ км с периодом обращения 49.3 ч – двое марсианских суток.

Посадка планируется в мае 2021 г. Весь комплекс выполнит торможение и перейдет на траекторию попадания в «коридор входа» в атмосферу планеты. Спустя два часа отделится десантный модуль массой 1745 кг, после чего орбитальный модуль выполнит ма-

Посадка планируется в мае 2021 г. Весь комплекс выполнит торможение и перейдет на траекторию попадания в «коридор входа» в атмосферу планеты

невр для возвращения на устойчивую орбиту. (Такая последовательность уже была отработана Китаем при десантировании на Землю возвращаемого аппарата экспериментальной станции CE5-T1.)

Десантный модуль войдет в атмосферу Марса со скоростью 4800 м/с. Управляемый спуск займет 290 секунд, в течение которых модуль будет тормозиться лобовым экраном диаметром 3.4 м, а для управления будет использоваться небольшой аэродинамический щиток. Когда движение замедлится до 460 м/с, лобовой экран будет отстрелен и введется парашют диаметром 16 м, который за 90 с снизит скорость до 95 м/с. Третий этап спуска будет выполняться с высоты около 2 км на регулируемой тяге посадочного двигателя YF-36 (от «Чанъэ-3», максимально 7500 Н) и закончится через 80 секунд зависанием на высоте около 100 м над поверхностью Марса. Бортовая система оценки рельефа и уклонения от препятствий выявит безопасное место, и посадочная платформа, используя двигатели бокового смещения тягой 250 и 25 Н, завершит спуск и выполнит посадку на четыре опоры с вертикальной скоростью не более 3.6 м/с.

С учетом сложности рельефа, освещенности, температуры и ряда оперативных факторов Китай первоначально выбрал для посадки на Марс полосу между 5° и 39° с.ш., а в ее пределах – две основные зоны: первую на равнине Хриса, в относительной близости

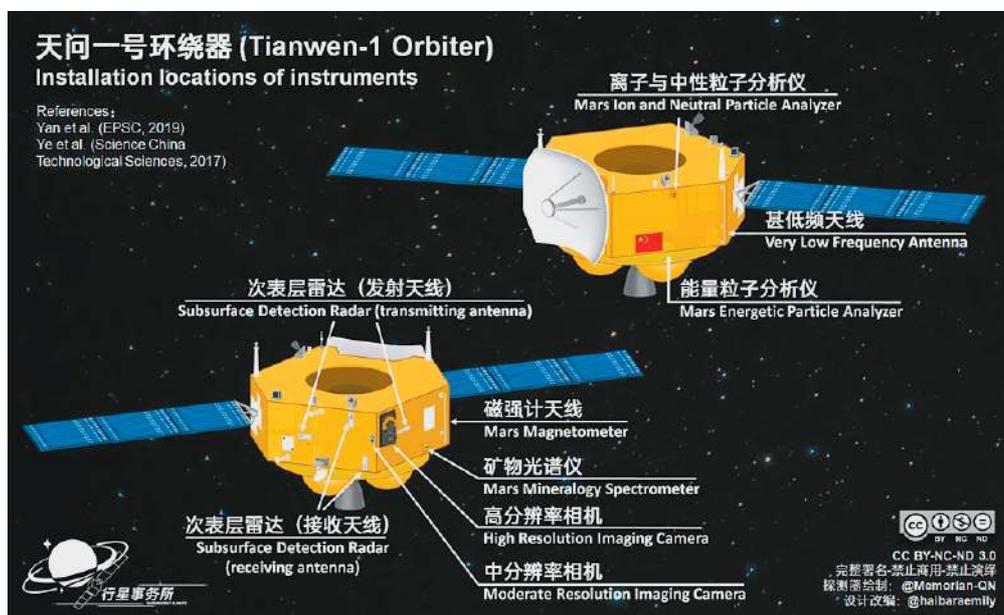
сти от мест посадки американских КА *Viking 1* и *Mars Pathfinder*, и вторую на равнине Утопия, от бассейна Изиды до западных склонов горы Элизий, между районами работы ровера *Curiosity* и посадочного аппарата *Viking 2*. В сентябре 2019 г. китайские специалисты сообщили о предварительном выборе второй зоны и в ней двух точек с посадочными эллипсами размером 40×100 км. Пока посадка планируется в первую из них, в южной части Утопии, на отложениях позднего гесперийского периода, с координатами 110.318° в.д., 24.748° с.ш. Вторая находится в юго-восточной части Утопии, у выхода на равнину лавового потока с горы Элизий. Окончательное решение, по-видимому, будет принято уже после прибытия к Марсу.

Через восемь суток после посадки с посадочного аппарата по двум направляющим сойдет на грунт безымянный пока китайский марсоход мас-

сой 240 кг и габаритными размерами $2.0 \times 1.65 \times 0.8$ м. Он выполнен в виде шестиугольной платформы на типовом шестиколесном шасси и запитывается от четырех солнечных батарей, две из которых неподвижны, а две ориентируются на Солнце и могут за счет наклона сбрасывать накопившуюся пыль. Ровер способен проходить до 200 м/ч и преодолевать уклоны в 30° . Расчетный срок его работы – три месяца, но, разумеется, китайские специалисты надеются на большее.

Орбитальный аппарат, выполненный в виде шестиугольной призмы с двумя «крыльями» солнечных батарей и маршевым двигателем по продольной оси, будет после сброса обращаться по полярной орбите высотой $265 \times 12\,000$ км с периодом обращения около 8 ч, осуществляя съемку и зондирование поверхности Марса, изучение околопланетной среды и ретрансляцию данных с марсохода.

Расположение научных приборов на орбитальном аппарате КА «Тяньвэнь-1». Изображение @Memorian-QN and @haibaraemily via Twitter, сайм <https://www.planetary.org/space-images/tianwen-1-orbiter-instrument-locations>



天问一号火星车 (Tianwen-1 Rover)

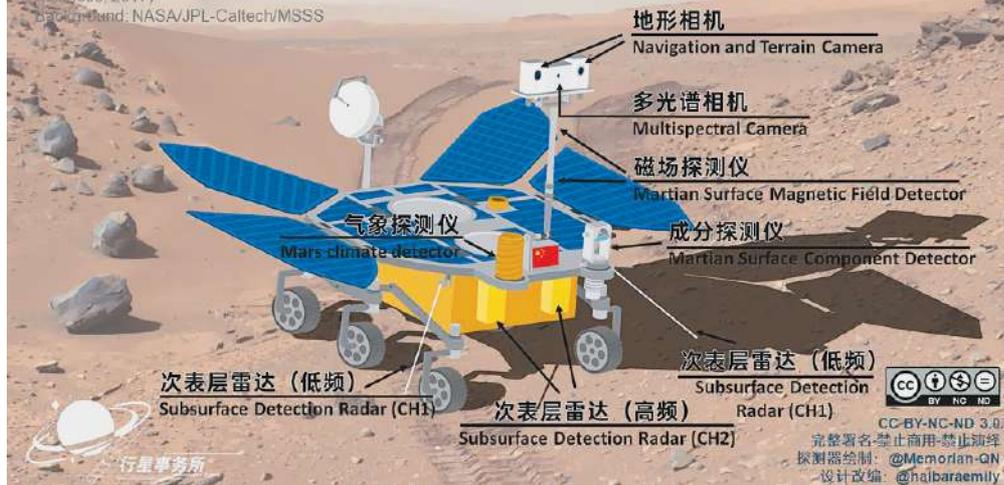
Installation locations of instruments

Reference:

Yan et al. (EPSC, 2019)

Ye et al. (Science China Technological Sciences, 2017)

Project Fund: NASA/JPL-Caltech/MSSS



Расположение научных приборов на марсоходе КА «Тяньвэнь-1». Изображение @Memorian-QN and @haibaraemily via Twitter, сайт <https://www.planetary.org/space-images/tianwen-1-rover-instrument-locations>

Научная программа экспедиции «Тяньвэнь-1» была сформирована и подготовлена Китайской академией наук под руководством академика Вань Вэйсина. К сожалению, научный руководитель проекта не дожид до старта – он умер 20 мая 2020 г. после тяжелой болезни на 62-м году жизни.

Основные задачи проекта «Тяньвэнь-1» состоят в глобальном и подробном обследовании всей планеты с орбитального аппарата и в детальном изучении одной области научного интереса с высокой точностью и разрешением. Если говорить более конкретно, предстоит картировать морфологию и геологическую структуру планеты; изучить характеристики поверхностного слоя и распределение водяного льда в нем; проанализировать состав материала поверхности; измерить параметры ионосферы планеты и получить ин-

формацию о климате Марса и о состоянии среды на поверхности; получить данные о физических полях (электромагнитном, гравитационном) и о внутренней структуре Марса.

Состав полезной нагрузки для проведения этого комплекса исследований был объявлен в сентябре 2017 г. и включает 13 инструментов: семь на орбитальном аппарате и шесть на ровере. В отличие от лунного проекта КНР, посадочная ступень выполняет лишь функцию доставки марсохода и не имеет научной аппаратуры.

На орбитальном аппарате размещены:

- Мультиспектральная камера MRC (Mars High-resolution Camera), разработанная в Чанчуньском институте оптики, точной механики и физики. Имея пространственное разрешение до 0.5 м в панхроматическом и до 2.0 м в мультиспектральном диапазоне в полосе

шириной 9 км при съемке с высоты 260 км, она сопоставима по характеристикам с американской HiRISE на спутнике MRO (NASA);

- Цветная камера умеренного разрешения MRC (Medium Resolution Camera) для обзорной съемки с пространственным разрешением порядка 100 м в кадре размером 4096 × 3072 элементов;

- Радиолокатор для зондирования подповерхностной структуры и поиска льда MOSER (Mars-Orbiting Subsurface Exploration Radar) с двумя рабочими диапазонами (10–20 и 30–50 МГц) и двумя поляризациями, используемый также как радиовысотомер;

- Минералогический спектрометр MMS (Mars Mineralogy Spectrometer) с рабочими диапазонами 0.45–1.05 и 1.00–3.40 мкм для определения элементного состава поверхности и изучения ресурсов Марса;

- Трехкомпонентный магнитометр MM (Mars Magnetometer) с диапазоном ±2000 нТ и высоким разрешением (0.01 нТ);

- Анализатор ионов и нейтральной плазмы MINPA (Mars Ion and Neutral Particle Analyzer) для регистрации потока ионов (состав, плотность, скорость, температура) и нейтральных частиц с выявлением среди них атомов H, He и O;

- Анализатор энергичных частиц MEPA (Mars Energetic Particle Analyzer) для регистрации потоков и получения энергетических спектров электронов, протонов, альфа-частиц и тяжелых ионов до Fe включительно.

Марсоход несет навигационную стереокамеру и шесть приборов:

- Топографическая камера TC (Terrain Camera) для построения трехмерных моделей поверхности;

- Мультиспектральная камера MSC (Multispectral Camera) видимого и ближнего ИК-диапазона с кадром 2048 × 2048 элементов и 9 цветными фильтрами для изучения морфологии

и распределения различных материалов;

- Подповерхностный радар MRSER (Mars-Rover Subsurface Exploration Radar) с каналами 55 МГц и 1300 МГц и предельной рабочей глубиной 100 м для льда и 10 м для грунта;

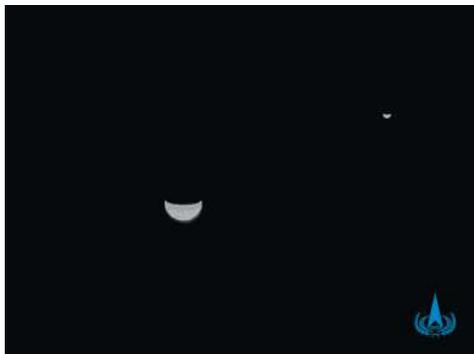
- Лазерный спектрометр для дистанционного определения элементного состава и идентификации поверхностных пород MSCD (Mars Surface Composition Detector), аналогичный приборам ChemCam на марсоходе *Curiosity* и SuperCam на *Perseverance* (NASA);

- Трехкомпонентный магнитометр MMFD (Mars Magnetic Field Detector), аналогичный прибору на орбитальном аппарате;

- Метеокомплекс MMM (Mars Meteorology Monitor) для измерения температуры, давления, скорости и направления ветра и записи звуков.

Для управления полетом будут использованы китайские станции дальней космической связи, построенные вблизи городов Цзямусы и Каши и в Аргентине, в провинции Неукен. Первая имеет антенну диаметром 66 м, вторая и третья изначально были оснащены 35-метровыми антеннами, но сейчас в Каши имеются уже три такие антенны с объединенной апертурой. Совсем скоро в систему должна войти новая, 70-метровая антенна, которая строится в районе Уцин вблизи Тяньцзиня по проекту GRAS-4 Национальной астрономической обсерватории Китая. Она позволит принимать сигналы с марсохода напрямую, без ретрансляции через орбитальный аппарат.

Руководители китайского проекта не скрывают, что и он приурочен к юбилею – 100-летию Коммунистической партии Китая, которое будет отмечаться 1 июля 2021 г. Безусловно, первая для Китая экспедиция к Марсу по столь сложной схеме представляет немалый технический риск, особенно



Фотография Земли и Луны, полученная КА «Тяньвэнь-1» с расстояния примерно 1.2 млн км от Земли. Изображение <http://www.cnsa.gov.cn>

если учесть короткий срок реализации. Однако Китай уже имеет собственные средства и опыт управления аппаратами «лунной» серии в дальнем космосе, он дважды осуществил мягкую посадку на Луну, а луноход «Юйту-2» работает на ее обратной стороне уже полтора года. Поэтому есть основания полагать, что китайский десант на Марс будет успешным.

В случае успеха проекта «Тяньвэнь-1» ожидается утверждение следующего этапа программы, предусматривающего доставку на Землю грунта с Марса со стартом в 2028 г. Таким образом, Китай игнорирует все промежуточные и боковые направления исследований Марса, рассчитывая «разобраться» с этой планетой всего за две экспедиции.

PERSEVERANCE – ВОЗВРАЩЕНИЕ МАРСОХОДА

30 июля 2020 г. в 11:50 UTC с мыса Канаверал на ракете Atlas V (541) отправился в путь к Марсу американский комплекс с марсоходом *Perseverance*, что означает «Настойчивость». С технической точки зрения, экспедиция Mars 2020 является повторением проекта

2011 года, в рамках которого на Марс был высажен тяжелый ровер *Curiosity* («Любопытство»)², и ее можно считать наименее рискованной из трех миссий 2020 г., хотя и сложной в реализации. Есть, правда, и «изюминка»: вместе с ровером на Марс будет доставлен первый в его истории летательный аппарат – небольшой вертолет. Впрочем, он не нужен для решения задач миссии и будет работать в чисто экспериментальном режиме.

Комплекс *Mars 2020* массой 4147 кг включает перелетную ступень и десантный модуль большого диаметра (4.5 м) с марсоходом. Посадочного аппарата как такового нет – после аэродинамического торможения и парашютного этапа спуска ровер окажется подвешенным на тросах под своеобразным «воздушным краном». Эта платформа обеспечит зависание на двигателях и мягкий спуск груза на поверхность, а затем будет уведена в сторону и разобьется при падении. Все это уже проверено на практике при посадке *Curiosity* 6 августа 2012 г. По сравнению с первой попыткой введены средства относительной навигации на спуске и уклонения от препятствий, а у марсохода доработаны колеса, ободы которых слишком легко пробивали острые марсианские камни.

Основное различие состоит в целях экспедиции. Если на *Curiosity* возложили лишь изучение района посадки на предмет существования в прошлом благоприятных условий для биосферы, то новый марсоход займется непосредственным поиском признаков древней жизни – так называемых биосигнатур. Он оснащен буровым устройством для забора образцов наиболее интересных пород и грунта, которые будут упаковываться в небольшие капсулы и остав-

² Подробнее о миссии *Curiosity* см. ЗиВ. 2012. № 3.



Марсоход *Perseverance* и вертолет *Ingenuity* на Марсе в представлении художника.
Изображение NASA/JPL-Caltech

ляться по пути следования для доставки в будущем на Землю для детального изучения.

Американцы намерены решить эту задачу примерно в те же сроки, что и Китай. Соответствующий совместный проект NASA и ЕКА был в принципе согласован в апреле 2018 г. Экспедиция за образцами должна начаться в 2026 г. двумя стартами на американском и европейском носителях. В состав первого марсианского комплекса войдут: американская перелетная ступень, американский посадочный аппарат *Sample Retrieval Lander*, европейский марсоход *Sample Fetch Rover* и американская взлетная ракета *Mars Ascent Vehicle*. Носитель для этого пуска пока не определен, но старт предварительно намечен на июль 2026 г. Вторым пуском на *Ariane 64* через несколько месяцев пойдет европейский *Earth Return Orbiter* с американским возвращаемым аппаратом. Он будет использовать электро-ракетные двигатели как для выхода на орбиту вокруг Марса, так и для отлета к Земле.

Сценарий следующей миссии ясен уже из названий компонентов. В середине 2028 г. американский аппарат садится на Марс в районе работы ровера *Perseverance*. Небольшой четырехколесный марсоход *Sample Fetch Rover*, передвигаясь со скоростью в среднем 200 м в сутки, идет по следу предшественника, подбирая оставленные им капсулы. Пройдя до 15 км и собрав с помощью манипулятора 36 капсул с образцами, он возвращается к посадочному аппарату и перегружает образцы вместе с пятью контрольными капсулами в контейнер взлетной ракеты. Американский марсоход тоже может участвовать в подвозе образцов, если потребуется.

Двухступенчатая твердотопливная ракета массой 400 кг стартует с Марса, чтобы доставить контейнер диаметром около 40 см и массой 14–16 кг на орбиту вокруг планеты. Там его находит *Earth Return Orbiter*, подбирает и помещает в американскую систему биологической изоляции на случай наличия в образцах живых микроорганизмов. Далее

опасный груз закладывается в американский возвращаемый аппарат, способный пройти земную атмосферу и достичь ее поверхности, причем без использования парашюта. Возвращение на военный полигон в штате Юта планируется на 2031 г.

17 июня 2020 г. компания Airbus Defence and Space (подразделение в г. Стивенидж) получила от ЕКА контракт на разработку марсохода *Sample Fetch Rover*. В свою очередь, NASA сообщило в апреле о намерении заказать компании Northrop Grumman двигатели обеих ступеней для взлетной ракеты. Полномасштабная разработка остальных компонентов еще предстоит и потребует как минимум 2.5–3.0 млрд \$ из средств американского бюджета и сопоставимой суммы от ЕКА.

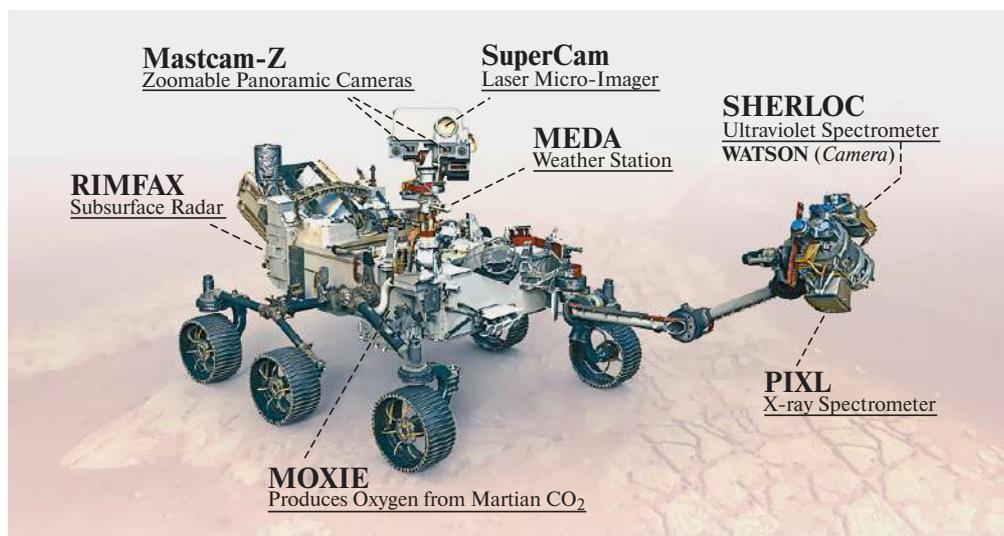
Помимо забора и сохранения образцов грунта, на *Perseverance* планируется поиск признаков прошлой жизни, изучение среды Марса на предмет ее опасности для астронавтов, поиск ценных ресурсов в форме воды в грунте и тестирование установки для добычи кислорода из атмосферы планеты.

Марсоход массой 1025 кг на шести-колесном шасси с мотор-колесами диаметром 51 см запитывается от радиоизотопного генератора с 4.8 кг двуокиси плутония с энерговыделением 110 Вт, что делает его независимым от времени года и освещенности и не чувствительным к пылевым бурям. «Железо» и программное обеспечение бортового компьютера прошли всесторонние испытания на *Curiosity*.

Научная аппаратура *Perseverance* включает следующие инструменты:

- Панорамная стереокамера с оптическим увеличением Mastcam-Z, предназначенная для фото- и видеосъемки поверхности и атмосферы Марса, для навигации и для определения минералогии марсианской поверхности. Прибор Университета штата Аризона состоит из двух камер с регулируемым фокусным расстоянием 28–100 мм, разнесенных на 242 мм, с размером кадра 1600 × 1200 пикселей у каждой, и имеет предельное разрешение 0.15 мм на расстоянии минимального зрения и 3–4 см на дальности 100 м;

Расположение научных приборов на марсоходе *Perseverance*. Изображение NASA/JPL-Caltech



- Лазерная камера-спектрометр SuperCam для определения химического и минерального состава и поиска органических компонентов с дистанции до 7 м (Лос-Аламосская национальная лаборатория при участии Института астрофизики и планетологии IRAP, Франция);

- Рентгеновский флуоресцентный спектрометр PIXL (Planetary Instrument for X-ray Lithochemistry) для определения элементного состава материалов марсианской поверхности на малых пространственных масштабах (диаметр луча – 0.12 мм). Прибор, оснащенный дополнительно камерой высокого разрешения, создан в Лаборатории реактивного движения (Jet Propulsion Laboratory, JPL) и может использоваться для поиска следов жизни;

- Ультрафиолетовый рамановский спектрометр SHERLOC (Scanning Habitable Environments with Raman & Luminescence for Organics & Chemicals, также JPL) для поиска минералов, взаимодействовавших с водой, органических молекул и биосигнатур. Как и PIXL, предназначен для работы на малых масштабах с пространственным разрешением 30–50 мкм и имеет в своем составе ультрафиолетовый лазер с длиной волны 248.6 нм. Контекстная камера WATSON (Wide Angle Topographic Sensor for Operations and Engineering) с кадром 23 × 15 мм является копией инструмента MAHLI предыдущего ровера;

- Подповерхностный радар RIMFAX (Radar Imager for Mars' Subsurface Experiment) для исследования структуры марсианского грунта с сантиметровым разрешением поставлен Исследовательским институтом Вооруженных сил, Норвегия. Рабочий диапазон – от 150 до 1200 МГц, глубина зондирования – 10 м, вертикальное разрешение – до 15 см. Антенны прибора располагаются внизу и сзади ровера;

- Метеокомплекс MEDA (Mars Environmental Dynamics Analyzer) с приборами для измерения температуры, давления,

скорости и направления ветра, относительной влажности, формы и размеров пыли, радиационной обстановки (Центр астробиологии Национального института аэрокосмической техники, Испания);

- Экспериментальное устройство MOXIE (Mars Oxygen In-Situ Resource Utilization Experiment) для получения кислорода из углекислого газа марсианской атмосферы путем электролиза с производительностью до 10 г/ч. Разработчик – Массачусетский технологический институт.

Приборы PIXL и SHERLOC размещены на манипуляторе для удобства изучения конкретных камней и участков грунта. Камеры Mastcam-Z и SuperCam смонтированы на ориентируемой мачте RSM, а остальные инструменты – на корпусе ровера или внутри него.

Посадка на Марс планируется на 18 февраля 2021 г. в точке 18.85° с.ш., 77.52° в.д., на западной оконечности долины Изиды, в кратере Езеро (Jezero) с мощными озерными отложениями возрастом 3.5 млрд лет. Расчетный срок функционирования ровера – по крайней мере один марсианский год (687 земных суток), он может пройти от 5 до 20 км.

В качестве попутного груза «под брюхом» у ровера будет доставлен на Марс экспериментальный автономный вертолет, созданный в JPL и получивший имя *Ingenuity* («Изобретательность»). Изделие массой 1.8 кг имеет корпус размером 20 × 16 × 14 см и приводится в движение двумя соосными винтами диаметром 1.2 м. Учитывая крайне разреженную атмосферу планеты, винты будут вращаться со скоростью 3000 об/мин, вдесятеро большей, чем у его земных собратьев. Источником энергии изделия являются солнечные батареи.

Вертолет планируется отделить на 66-й день работы *Perseverance* на Марсе. На протяжении следующих 30 суток запланированы до пяти подъемов на все большие высоты, вплоть до 400 м, со съемкой в полете.

От редакции

Сегодня Марс исследуют роботы. Люди пока не могут полететь на Красную планету, но – при благоприятной погоде и в определенное время – все могут увидеть Марс на небосклоне. Этой осенью нас ждет очередное противостояние Марса – момент, когда Солнце, Земля и Марс выстраиваются в одну линию.



Изменение угловых размеров (видимый диаметр диска планеты) Марса в 2020 году в сравнении с диском Луны. Иллюстрация: NASA/SVS/AstroAlert

13 октября 2020 года Марс вступит в противостояние с Солнцем и окажется на расстоянии 62.6 млн км от Земли при блеске – 2.7 зв. вел. (в три раза ярче Сириуса). Видимый диаметр планеты составит 22.5 угловые секунды. При этом условия для наблюдателей из России будут лучше, чем даже во время Великого противостояния 2018 года, поскольку планета будет находиться высоко над горизонтом.



Видимость Марса на ночном небе 13 октября 2020 г. в 02:28:49 (широта Москвы). Изображение сгенерировано программой Stellarium <https://stellarium.org/>

Выражаем благодарность за подготовку иллюстраций
наблюдателя AstroAlert | Наблюдательная астрономия <https://vk.com/astro.nomy>