Министерство образования РФ

РЕФЕРАТ

На тему:

Исследования планеты Марс с помощью космических аппаратов

Выполнил:

Проверил:

г.Миасс, 2002

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ……………………………………………………………...3

1. ИССЛЕДОВАНИЯ МАРСА В 1962–1978 гг…………………...….5
2. СОВРЕМЕННЫЙ ЭТАП ИССЛЕДОВАНИЙ 1988–2002 гг….…13
3. ПЕРСПЕКТИВЫ БУДУЩЕГО

а) РОССИЙСКИЙ ПРОЕКТ "ФОБОС–ГРУНТ"………………...22

б) ЕВРОПЕЙСКИЙ ПРОЕКТ MARS EXPRESS………......…….27

в) АМЕРИКАНСКИЙ ПРОЕКТ MER……………………………29

г) ПРОЕКТЫ 2005–2011 гг………………………………………..31

д) ВЫСАДКА АСТРОНАВТОВ СОСТОИТСЯ В 2019 ГОДУ?..32

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ……………………………………………..39

ВВЕДЕНИЕ

*Полёт к Марсу – трудное дело. Это не к бабушке в гости съездить. Мы сделали всё, что могли. Единственное, что мы не можем сделать – предотвратить невезение.*

*Эдвард Вейлер, руководитель Управления космической науки NASA*

Планета Марс известна человечеству с незапамятных времён. Наблюдая на небе звезду кроваво-красного цвета, древние люди дали ей имя бога войны. Астрологи считали влияние Марса роковым на судьбы людей, родившихся во вторник (день Марса) или, если в зодиакальном созвездии при рождении присутствовала эта планета.

С появлением телескопов планеты стало возможно изучать более подробно. Ещё Галилей установил, что Марс имеет шарообразную форму, а итальянский астроном Дж.Скиапарелли в 1877 году обнаружил на поверхности планеты прямолинейные участки, которые он принял за рукотворные сооружения и назвал "каналами". Это дало повод думать, что на Марсе существует (или существовала в прошлом) разумная жизнь.

В первой половине ХХ века эту тему эксплуатировали многие писатели-фантасты. Так, Герберт Уэллс в романе "Война миров" в красках описывает вторжение марсиан на Землю, их победу над английской армией и гибель от земных болезней, с которыми они не умели бороться. Алексей Толстой создаёт роман "Аэлита", где, наоборот, земляне прилетают на Марс и чуть было не устраивают там социальную революцию. О марсианах писали Р.Брэдбери, А.Азимов, братья Стругацкие и другие фантасты.

С началом космической эры начался качественно новый этап изучения красной планеты. Спектрографические исследования, а впоследствии и прямая посадка на Марс со всей очевидностью подтвердили, что в настоящее время высшей формы жизни (тем более разумной) на нём не может быть. Причина проста: отсутствие кис-лорода в атмосфере, микроскопические доли водяного пара и озона, космический холод. С другой стороны, обнаружены сухие русла древних рек, эрозия почвы, характерная для больших потоков воды, поэтому всё большее число учёных склоняется к версии, что много миллионов лет назад на планете была более плотная атмосфера и, возможно, вода, а, следовательно, вполне могли существовать те или иные формы органической жизни. Ответить на этот вопрос и призваны космические экспедиции к красной планете.

**1. ИССЛЕДОВАНИЯ МАРСА В 1962–1978 гг.**

С началом новой, космической эры исследования Марса приобрели качественно новое значение. Появилась возможность "посмотреть" планету вблизи, не строя гипотез об её природе на основании астрономических наблюдений из земных обсерваторий.

1 ноября 1962 года с космодрома "Байконур" стартовала ракета-носитель (РН) "Восток" с автоматической межпланетной станцией (АМС) "Марс-1" массой 893,5 кг. Задачами этого полёта были: исследование космического пространства, проверка радиосвязи на межпланетных расстояниях, фотографирование Марса. Последняя ступень РН с АМС была выведена на промежуточную орбиту искусственного спутника Земли (ИСЗ), обеспечив старт и необходимое приращение скорости для полёта к Марсу.

Полёт АМС "Марс-1" дал науке новые данные о физических свойствах космического пространства между орбитами Земли и Марса, об интенсивности космического излучения, напряжённости магнитных полей Земли и межпланетной среды, распределении метеорного вещества и др. Последний сеанс связи с АМС состоялся 21 марта 1963 года при удалении станции от Земли на расстояние 106 миллионов километров. К сожалению, неисправность системы ориентации нарушила направленность антенн на Землю и не позволила далее осуществлять радиосвязь. 19 июня 1963 года АМС прошла на минимальном расстоянии от планеты (около 197 тыс.км), после чего вышла на гелиоцентрическую орбиту.

Следующими были американцы. 5 ноября 1964 года с космодрома на мысе Канаверал (Canaveral Cape) стартовала РН "Атлас–Центавр" (Atlas–Centaur) с АМС "Маринер-3" (Mariner-3) массой 260,8 кг. Но через 10 часов после старта связь с ракетой прервалась.

Через 3 недели, 28 ноября, попытка была повторена. Аналогичный аппарат "Маринер-4" был успешно выведен на орбиту и 15 июля 1965 года прошёл около Марса на расстоянии 9850 километров, после чего вышел на гелиоцентрическую орбиту, став искусственным спутником Солнца. Связь с ним продолжалась до 20 декабря 1967 года.

АМС "Маринер-4" впервые передала на Землю 22 снимка поверхности Марса. На полученных снимках не было обнаружено ничего, что могло бы хоть отдалённо напомнить прямолинейные образования, которые с Земли можно принять за каналы. Ясно видны кратеры. На 14 снимках удалось обнаружить 600 кратеров диаметрами от 3 до 180 км. Поверхность планеты выглядит в общих чертах как обратная сторона Луны. Кроме кратеров, на Марсе были обнаружены и другие виды рельефа – небольшие горные гряды, отдельные возвышенности, борозды. Но большая часть планеты ровная.

Учёные обнаружили, что в сильно разреженной атмосфере Марса есть углекислый газ, азот, аргон, водяные пары, но нет кислорода. Следовательно, сделали вывод учёные, "жизнь там может существовать лишь в форме бактерий и других низших организмов, да и то под поверхностью планеты, т.к. у Марса нет магнитного поля, и его поверхность совсем не защищена от солнечной и космической радиации".

Аналогичную космическую программу выполнили через пять лет АМС "Маринер-6" и "Маринер-7" (масса 412,8 кг; стартовали 24 февраля и 27 марта 1969 года). Мы не будем подробно останавливаться на этих полётах, скажем лишь, что на минимальном расстоянии от Марса (3430 км) эти аппараты прошли 31 июля и 5 августа 1969 года и передали на Землю 75 и 126 снимков соответственно.

1971 год стал годом решительного штурма Марса, и его завершение вписало принципиально новую страницу в историю исследования красной планеты. Конечно, над научной ценностью исследований порой превалировали политические амбиции двух сверхдержав, но – обо всём по порядку.

8 мая 1971 года стартовал американский аппарат "Маринер-8" массой 1030 кг. Однако, через несколько минут после старта, РН с АМС вышла из-под контроля и упала в Атлантический океан.

30 мая стартовал "Маринер-9", аналогичный погибшему "Маринеру-8". Но, в отличие от своего неудачного предшественника, этот аппарат успешно достиг цели назначения, став 13 ноября 1971 года первым искусственным спутником Марса. Вращаясь по орбите вокруг планеты, АМС передала на Землю 7329 фотоснимков поверхности Марса, а также его спутников – Фобоса и Деймоса. Кроме того, с помощью инфракрасного фурье-спектрометра и радиопросвечивания были определены зависимость температуры и давления от высоты, а также состав атмосферы.

Советские достижения к началу 1971 года были куда скромнее американских. В 1969 году планировалось запустить два космических аппарата (КА) для исследования Марса с орбиты искусственного спутника, но они не были выведены на межпланетные траектории из-за аварии РН "Протон". Для завоевания лидерства было решено разработать проект М-71, предусмотрев запуск в 1971 году трёх КА.

Первый (М-71С) должен был стартовать раньше и выйти на орбиту искусственного спутника Марса до прилёта американского КА. Два других, старт которых намечался позже, в оптимальные астрономические сроки, должны были доставить на поверхность Марса АМС, а их орбитальные аппараты – провести исследования с орбиты искусственного спутника планеты. Первый КА, кроме политической задачи, решал чрезвычайно важную техническую (служить навигационным "маяком" для обеспечения мягкой посадки двух других КА на поверхность Марса).

5 мая 1971 года стартовала станция М-71С. Но вывести её на межпланетную траекторию не удалось: оператор выдал неправильную установку на второе включение разгонного блока. Поэтому, потеряв возможность создания первого искусственного спутника Марса и лишившись маяка, позволявшего с высокой точностью определить положение Марса и обеспечить расчётные условия входа спускаемых аппаратов в атмосферу, оставалось надеяться на безупречную работу системы космической автономной навигации (СКАН), установленной на втором и третьем КА.

19 и 28 мая стартовали два аналогичных аппарата "Марс-2" и "Марс-3" массой 4650 кг (РН "Протон"). В отличие от "Марса-1", оба были оборудованы спускаемыми аппаратами (СА), имевшими парашютную систему для спуска в атмосфере, экранно-вакуумную теплоизоляцию, электронагреватель и химическую батарею. На обоих АМС находились фототелевизионные камеры для фотографирования поверхности Марса, а также аппаратура для измерения температуры и химического состава атмосферы, измерения скорости ветра, физико-химических свойств грунта.

Совместный полёт станций к Марсу продолжался около шести месяцев, после чего, при подлёте, их пути разошлись. 21 ноября 1971 года СА станции "Марс-2" был направлен на планету, но из-за ошибки бортового компьютера при коррекции уменьшилась высота перицентра пролётной гиперболы, СА вошёл в атмосферу Марса под большим углом и разбился о поверхность (последующий анализ установил, что "Марс-2" шёл точно по расчётной траектории и коррекция не требовалась, но этот вариант не успели проверить на стенде системы управления). После этого АМС "Марс-2" 27 ноября перешла на орбиту спутника Марса (через 2 недели после "Маринера-9") и сделала в общей сложности 362 оборота вокруг красной планеты. С "Марса-2" на планету была сброшена капсула, доставившая на поверхность вымпел с изображением герба СССР.

От АМС "Марс-3" 2 декабря отделился спускаемый аппарат массой 635 кг, который перешёл на расчётную траекторию, вошёл в атмосферу со скоростью 5800 м/с, уменьшил скорость за счёт аэродинамического торможения, открыл парашют – и в 16 часов 48 минут московского времени впервые в истории человечества совершил мягкую посадку на поверхность Марса (45° ю.ш. и 158° з.д.). Уже через две минуты началась передача на Землю видеосигнала (к сожалению, из-за сильнейшей пылевой бури ничего рассмотреть не удалось, а через 14,5 сек сигнал и вовсе пропал по причине коронных разрядов в атмосфере). Станция же перешла на орбиту спутника Марса и сделала 20 оборотов.

В результате исследований были установлены: температура поверхности, зависимость её от времени суток и широты, физико-химические свойства грунта, выявлены тепловые аномалии на поверхности Марса. Было установлено, что Северная полярная шапка имеет температуру ниже –110°C и что содержание водяного пара в атмосфере Марса в 5000 раз ниже, чем на Земле. Были получены данные о структуре верхнего слоя атмосферы Марса, зарегистрировано наличие у него собственного магнитного поля (!), обнаружена слоистая структура марсианской атмосферы и её свечение за линией терминатора.

Последним актом нашего десятилетнего наступления на тайны Марса был полёт четвёрки советских КА "Марс-4", "Марс-5", "Марс-6" и "Марс-7", стартовавших в период с 21 июля по 9 августа 1973 года. Первые два имели идентичную конструкцию и предназначались для вывода на орбиту вокруг Марса, два других несли спускаемые аппараты.

Первым достиг планеты "Марс-4" (10 февраля 1974 года), который прошёл на расстоянии 2200 километров от её поверхности и провёл фотографирование с полётной траектории. Вторым прибыл "Марс-5" (12 февраля), который вышел на замкнутую орбиту с таким расчётом, чтобы проходить в светлое время марсианских суток над районом, выбранным для посадки спускаемых аппаратов "Марс-6" и "Марс-7".

"Марс-7" приблизился к планете первым (9 марта), но его спускаемый аппарат вследствие нарушения в работе одной из бортовых систем прошёл на высоте 1300 км над поверхностью и не совершил посадку. Зато на "Марсе-6" операция спуска прошла безукоризненно, и 12 марта 1974 года он опустился на поверхность планеты в районе 24° ю.ш. и 20° в.д. Во время снижения в течение 150 секунд передавалась информация на Землю.

Фотографические камеры "Марса-4" и "Марса-5" получили около 60 фотографий планеты очень высокого качества. К слову, двумя годами ранее в этой области Марса "Маринер-9" не смог получить качественных фотографий из-за пылевой бури.

Кроме фотокамер, на "Марсе-5" работал большой комплекс аппаратуры для физических исследований атмосферы и поверхности. В частности, при исследовании полярных шапок Марса был сделан вывод о том, что они состоят из конденсированной углекислоты, причём Южная сравнительно тонкая (порядка нескольких метров), а вот Северная в её нестаивающей части может быть очень толстой, здесь могли накопиться слои мощностью в сотни метров и даже в километры. Нестаивающая часть Северной полярной шапки может быть своеобразным резервуаром, в котором сконденсирована большая часть атмосферы Марса, в десятки раз превышающая массу свободной газообразной атмосферы.

Наконец, нельзя не упомянуть и об американской экспедиции "Викинг Орбитер" (Viking Orbiter), давшей, пожалуй, наиболее полную картину марсианской природы до настоящего времени (по крайней мере, до 1997 года, времени начала работы американского марсохода "Sojourner"; но об этом – в следующей главе).

Итак, 20 августа и 9 сентября 1975 года с космодрома на мысе Канаверал стартовали РН "Титан-3С-Центавр" (Titan-3C-Centaur) с АМС "Викинг-1" и "Викинг-2" соответственно (масса 3400 кг).

АМС "Викинг-1" сблизилась с Марсом 19 июня 1976 года и вышла на орбиту, где производила фотосъёмку местности. Найдя подходящее место (22° с.ш. и 48° з.д.), посадочный блок аппарата "Викинг-1" (ПБ-1) совершил успешную мягкую посадку 20 июля 1976 года в 11 часов 53 минуты по Гринвичу.

Немедленно после посадки началась съёмка поверхности планеты, метеорологические измерения, а с 28 июля – исследования грунта для идентификации неорганических и органических веществ, а также для поиска признаков жизни. ПБ-1 работал в активном режиме до 1 сентября, когда наземные средства в основном перешли на обеспечение посадки и работы посадочного блока АМС "Викинг-2" (ПБ-2), так как одновременную работу в активном режиме эти средства обеспечить не могли. АМС "Викинг-2" сблизилась с Марсом 7 августа, а 3 сентября в 22 часа 58 минут по Гринвичу ПБ-2 успешно совершил мягкую посадку в районе 50° с.ш. и 226° з.д.

Программа ПБ-2 в основном была аналогична ПБ-1, но был проведён ряд дополнительных экспериментов, например, сдвиг камней с помощью грунтозаборника и взятие с места, где лежал камень, пробы грунта.

Эти пробы показали, что почва Марса представляет собой хорошо перемешанную смесь, на 80 % состоящую из богатых железом глин. Цвет почвы красноватый, что объясняется процессом окисления железа. Состав почвы: SiO3 (45 %), Fe2O3 (18 %), Al2O3 (5 %), MgO (8 %), CaO (5 %), SO3 (8 %). Средняя плотность – 1,8 г/см3.

Среднее атмосферное давление у поверхности Марса составило 7,5 мбар (около 6 мм рт.ст.). В атмосфере, состоящей из углекислого газа (95 %), были обнаружены азот (2 – 3 %) и аргон (1 – 2 %). Кислорода всего 0,3 %. Был сделан предварительный вывод о том, что атмосфера в прошлом была несколько более плотной.

С середины декабря началась поочерёдная работа обоих блоков в активном режиме, а также продолжались исследования двух орбитальных блоков обеих АМС, в частности, фотосъёмки с близкого расстояния двух спутников Марса – Фобоса и Деймоса.

Официально программа "Викинг" завершилась в мае 1978 года, но фактически ПБ-1 работал до 11 ноября 1982 года.

Подводя итоги, агентство NASA заявило, что "признаков биологической жизни на Марсе (основная цель экспедиции) обнаружено не было. В то же время нельзя делать окончательных выводов по исследованиям только малой части планеты. Не исключена также возможность существования жизни в других областях Марса с другими природными условиями".

**2. СОВРЕМЕННЫЙ ЭТАП ИССЛЕДОВАНИЙ 1988–2002 гг.**

В середине 70-х в вопросах исследования Марса наступило десятилетнее затишье. Американцы сосредоточились на разработке перспективной программы "Спейс Шаттл" (Space Shuttle), а советские учёные – на программе орбитальных станций ("Салют", "Прогресс", "Мир"). Плюс к этому – гонка вооружений в Космосе, развитие спутниковой связи…

Однако, в эпоху так называемой горбачёвской "перестройки", был реализован совместный с европейскими странами советский проект "Фобос", предусматривавший, кроме стандартной фотосъёмки Марса, ещё и съёмку его спутника Фобоса с близкого расстояния и зондирование его поверхности.

7 и 12 июля 1988 года с Байконура были запущены два многоцелевых аппарата "Фобос-1" и "Фобос-2". С первым из них 29 августа была потеряна связь – из-за ошибки в заложенной с Земли программе была отключена пневмосистема ориентации и стабилизации.

Судьба второго была удачнее: 29 января 1989 года АМС вышла на орбиту Фобоса, осуществила сближение с ним, съёмки планеты и спутника. Через два месяца, 27 марта, с аппаратом была потеряна связь по не установленной до сих пор причине.

К числу наиболее интересных результатов исследований самого Марса следует отнести инфракрасные изображения поверхности планеты, полученные с помощью прибора "Термоскан" (Thermo-scan). По сути, впервые удалось получить подробную тепловую карту планеты столь высокого качества.

Прибор ИСМ (ISM), сделанный во Франции, измерял спектр Марса в ближнем инфракрасном диапазоне для исследования грунта (там расположен целый ряд полос поглощения, характерных для различных минералов). Советский прибор КРФМ исследовал верхние слои атмосферы планеты.

Видеоспектрометрический комплекс "Фрегат" (СССР – ГДР – Болгария) проводил съёмки Фобоса с близкого расстояния (200 – 1100 км). Было получено около 40 изображений с разрешением до 40 м. Сопоставление этих изображений со снимками, полученными ранее "Маринером-9" и "Викингом", показывает их полную идентичность и хорошее дополнение друг к другу.

К сожалению, приборы ИСМ и КРФМ пронаблюдали Фобос всего один раз, поэтому данных для надёжной интерпретации было получено мало.

После этой программы (хотя и не полностью, но выполненной) последовала серия провалов. 25 сентября 1992 года американцы запустили многоцелевой аппарат Mars Observer стоимостью 980 млн.$ для исследования поверхности и атмосферы Марса с орбиты спутника. Однако 21 августа 1993 года, за три дня до намечаемого прибытия к планете, с аппаратом была потеряна связь, предположительно в результате отказа бортовой двигательной установки (ДУ).

Продолжая хронику неудачных полётов к Марсу, вспомним и российский "Марс-96", который, стартовав 16 ноября 1996 года, из-за отказа разгонного блока остался на низкой околоземной орбите и на следующий день сгорел в атмосфере над Южной Америкой.

Неудачно завершился и полёт американского аппарата Mars Climate Orbiter (в рамках программы Mars Surveyor '98). Стартовав 11 декабря 1998 года, он успешно добрался до красной планеты, но… 23 сентября 1999 года сгорел в атмосфере планеты в результате ошибки в навигационных расчётах.

И, наконец, стартовавшая 3 января 1999 года американская станция Mars Polar Lander (РН Delta-2) с двумя пенетраторами Deep Space 2 погибла при посадке 3 декабря 1999 года из-за недостатков конструкции посадочной системы.

Научная программа этого полёта предусматривала две независимые программы. Собственно станция Mars Polar Lander (в рамках всё той же программы Mars Surveyor '98) была предназначена для посадки в районе Южной полярной шапки и исследования местности (панорамная стереофотосъёмка, метеорологические наблюдения, изучение климата полярных областей, а главное – определение химического состава полярной шапки и поиск льда в марсианском грунте). Экспериментальные пенетраторы Deep Space 2 были разработаны в рамках программы Millenium и предназначались для поиска воды в грунте Марса.

Однако были и удачные пуски. Так, 7 ноября 1996 года стартовала американская АМС Mars Global Surveyor (MGS). Это был аппарат для глобальной съёмки и спектрометрирования поверхности Марса, а также для составления карты рельефа планеты с целью выбора мест посадки будущих пилотируемых и автоматических экспедиций. Прибыв к Марсу 11 сентября 1997 года, станция начала аэродинамическое торможение 17 сентября (было выдано несколько тормозных импульсов, высота орбиты уменьшилась, и аппарат "окунулся" в верхние слои атмосферы, где скорость его ещё немного упала; до 4 февраля 1999 года аппарат таким образом "чиркал" по атмосфере на каждом витке, уменьшая скорость и высоту до расчётных). С 8 марта 1999 года и до сих пор MGS успешно ведёт измерения с низкой орбиты спутника Марса и подробную съёмку его поверхности (ориентировочное время окончания работы – май 2004 г.)

Подводя предварительные итоги, отметим, что приборы MGS позволили:

* обнаружить следы недавнего пребывания воды на поверхности Марса, включая места просачивания её из грунта и высохшие озёра;
* оценить количество воды, запасённой в полярных шапках планеты (примерно в 1,5 раза больше объёма ледников Гренландии);
* найти в Южном полушарии районы сильно намагниченной коры, что говорит о быстром охлаждении планеты в начальный период её существования;
* построить наиболее точную топографическую карту Марса, получить надёжные модели структуры коры Марса, обнаружить древние ударные бассейны и, возможно, погребённые под северными равнинами каналы;
* отслеживать динамику атмосферы и перемещение циклонов, суточное и сезонное поведение СО2 и ледяных облаков;
* установить большую роль пыли в изменениях, происходящих на поверхности планеты.

Однако споры относительно природы Великой Северной равнины и существования на ней в прошлом океана продолжаются.

3 июля 1998 года (4 июля по японскому времени) со стартового комплекса Космического центра Кагосима (Утиноура-тё) стартовал (РН М-5) первый японский аппарат для исследования Марса – "Nozomi" ("Надежда"). Масса КА составляет 541 кг, корпус имеет форму восьмигранной призмы диаметром 2 м и высотой 58 см. Ориентировочный срок прибытия к Марсу – декабрь 2003 года. Правда, первоначально планировалось, что аппарат прибудет к планете 11 октября 1999 года, но ошибка в расчётах (набранная геоцентрическая скорость оказалась недостаточной, а направление её вектора – неточным) заставила пересмотреть первоначальные планы. Впрочем, японцы заявили, что четырёхлетняя отсрочка не приведёт к сокращению научной программы, и что все приборы работают нормально.

**Рисунок 8. Японские учёные у аппарата "Nozomi".**

Комплект научной аппаратуры, стоящий на "Nozomi", дополняет те приборы, которые сейчас работают на орбите спутника Марса на КА MGS. Однако MGS изучает главным образом поверхность планеты и нижние слои атмосферы, а японский аппарат будет изучать верхние слои атмосферы и ионосферу, измеряя, каков уходящий поток атомарного кислорода, водорода и дейтерия. Станция также изучит структуру, состав и динамику ионосферы, возникающей в результате бомбардировки "солнечным ветром", а также магнитное поле Марса.

И, наконец, наиболее успешный на сегодняшний день завершённый американский проект – Mars Pathfinder (MPF). Это был экспериментальный аппарат для отработки техники мягкой посадки на Марс и проведения научных исследований при помощи марсохода. Стартовав 4 декабря 1996 года (масса станции 895 кг), аппарат прибыл к Марсу и успешно выполнил мягкую посадку 4 июля 1997 года в 17 ч 07 мин по Гринвичу в районе 19° с.ш. и 34° з.д. И главное – на поверхность планеты впервые в истории был доставлен марсоход-ровер "Sojourner", который проработал до конца августа (вернее, на советских АМС "Марс-3" и "Марс-6" также были марсоходы, но ни один из них не смог выполнить программу работ на поверхности).

Своё имя ровер получил в честь аболиционистки времён Гражданской войны в США Соджорнер Трус. Сам ровер напоминает детскую игрушку: он имеет 65 см в длину, 48 см в ширину и 30 см в высоту в рабочем положении. Для движения марсоход использует шесть колёс из алюминия с ободом из нержавеющей стали, каждое диаметром 13 см. Его штатная скорость – 1 см/с; побольше, чем у улитки, но поменьше, чем у черепахи. Используя солнечную батарею площадью 0,2 м2, за день ровер может иметь до 0,1 КВт·час энергии. Есть запасные литий-хлорные аккумуляторы.

Начав работу 6 июля, ровер взял пробы грунта и исследовал химический состав нескольких близлежащих камней. Кроме того, с помощью цветной стереокамеры спускаемого аппарата на Землю было передано несколько тысяч снимков панорамы места посадки.

3 августа закончился расчётный месячный срок работы станции на поверхности Марса. За это время посадочным аппаратом станции MPF на землю было передано 1,2 Гбит данных, в том числе 9669 снимков деталей марсианского ландшафта. За 30 дней ровер прошёл 52 метра по поверхности Марса, выполнил 9 анализов грунта и 3 – камней и передал 384 снимка.

После этого начались сбои со связью. Последний успешный приём данных от посадочного аппарата был 27 сентября в 10.23 по Гринвичу. Все попытки наладить связь были безуспешны (очевидно, произошла разрядка бортовых аккумуляторов, не имевших возможности подзарядки от солнечных батарей).

Основные итоги экспедиции:

* всего передано на Землю 2,6 Гбит информации, более 16 тысяч фотографий с посадочного аппарата и 550 изображений с ровера. Выполнено 15 химических анализов скальных пород. Проведены многочисленные метеоисследования;
* химический состав марсианской почвы в районе посадки (долина Ареса) подобен её составу в местах посадки КА "Viking-1 и -2";
* подтвердилось, что именно марсианская пыль, рассеянная в атмосфере, является главным поглотителем солнечной радиации;
* точно измерены температура, давление и скорость ветра во время пылевых бурь;
* химический анализ камней, проведённый ровером, показал наличие пород, богатых серой и кремнием, что говорит о вулканической активности планеты около 4,5 млрд. лет назад;
* сходство по округлости между земной галькой и камнями на поверхности Марса наводит на мысль, что они сформировались под действием потоков воды, некогда существовавшей на планете;
* марсианская пыль содержит неоднородные магнитные микрочастицы средним размером до 0,001 мм.

Кроме научной, целью экспедиции MPF была демонстрация возможности обеспечения относительно дешёвых способов доставки научного оборудования и ровера-марсохода на поверхность красной планеты. Дело в том, что при посадке на Марс использовался прямой вход в атмосферу планеты. Снижение в атмосфере происходило с помощью парашюта диаметром 11 м. Посадка осуществлялась с использованием воздушных баллонов, смягчивших удар при встрече с поверхностью.

Стоимость проекта MPF оценивается в 196 млн.$.

Наконец, надо сказать и об американской экспедиции, проходящей в настоящее время – 2001 Mars Odyssey (МО-2001).

7 апреля 2001 года с космодрома на мысе Канаверал был выполнен пуск РН Delta 2 с американской АМС 2001 Mars Odyssey ("Одиссея к Марсу – 2001"). Задачи миссии МО-2001 таковы:

* глобальное картирование элементного состава поверхности Марса;
* определение количества водорода (лёд, вода) в тонком поверхностном слое;
* исследование минералогии поверхности с высоким пространственным и спектральным разрешением;
* изучение морфологии поверхности Марса и геологических процессов, которые её сформировали;
* получение данных для планирования мест посадки следующих АМС;
* описание радиационной обстановки вблизи Марса для оценки риска пилотируемой экспедиции.

Стартовая масса КА 2001 Mars Odyssey – 725 кг. Аппарат похож по конструкции на запущенную двумя годами ранее станцию МСО, но почти на 100 кг тяжелее. Общая стоимость полёта оценивается в 300 млн. $.

# На борту МО-2001 установлены три научных прибора: комплекс GRS, камера THEMIS и аппаратура радиационного контроля MARIE.

Комплекс GRS включает в себя гамма-спектрометр GRS, детектор нейтронов высоких энергий HEND (российского производства) и нейтронный спектрометр NS. Его основная цель – построение глобальной карты распространённости 20 основных породообразующих элементов в приповерхностном слое Марса с точностью до 10% и пространственным разрешением порядка 300 км. Прибор THEMIS предназначен для спектральной съёмки поверхности Марса в видимой и инфракрасной части спектра. Аппаратура MARIE (Mars Radiation Environment Experiment) предназначена для изучения радиационной обстановки на трассе перелёта и на орбите спутника Марса с последующим анализом возможных доз облучения и его последствий для человека.

Параллельно с выполнением своей научной программы станция МО-2001 будет ретранслировать данные с американских марсоходов MER-A и MER-B (предполагаемая посадка 4 января и 25 февраля 2004 года соответственно, но об этом проекте – далее) и посадочных аппаратов других стран. Срок работы станции определён до 17 сентября 2005 года, но эти данные меняются от публикации к публикации. Так, во многих источниках работа КА в качестве ретранслятора продлевается дополнительно на один марсианский год – до 19 сентября 2007 г.

В период с 26 октября 2001 г. по 11 января 2002 г. МО-2001 успешно выполнил аэродинамическое торможение и вышел на рабочую орбиту. Весь процесс занял 77 суток, в то время как MGS, например, тормозился более 16 месяцев. Научная программа стартовала в конце февраля 2002 года.

**3. ПЕРСПЕКТИВЫ БУДУЩЕГО**

**а) РОССИЙСКИЙ ПРОЕКТ “ФОБОС-ГРУНТ”**

# Со времён "Марса-96" о российских проектах исследования планет с использованием АМС фактически ничего не было слышно. Причина ясна – почти полное отсутствие финансовой поддержки отрасли со стороны государства. Тем не менее, российские учёные продолжали работать в этом направлении.

# В 1997 году секция Совета РАН по космосу "Планеты и малые тела Солнечной системы" выделила три важнейших направления для космических исследований: изучение Луны, малых тел Солнечной системы и Марса. В соответствии с каждым направлением были открыты НИР по трём перспективным проектам:

# "Луна-Глоб" – исследование внутреннего строения Луны с использованием пенетраторов;

# "Фобос-Грунт";

# "Марс-Астер" – создание марсохода.

# В мае 1998 г. из трёх проектов было предложено выбрать один для продолжения проработки на уровне ОКР и включения его в Федеральную космическую программу на период 2000 – 2005 гг. На заседании секции 2 июня 1998 года был выбран проект "Фобос – Грунт" ("Ф – Г").

В самых общих чертах, этот проект предусматривает создание межпланетного аппарата, способного совершить перелёт к Марсу, посадку на его естественный спутник Фобос, взятие образца грунта и доставку его на Землю. Преимущество такого проекта перед остальными предложенными для обсуждения состоит в следующем:

* в лабораторных условиях на Земле образцы внеземного вещества могут быть изучены гораздо лучше, чем это возможно на поверхности планеты или при дистанционных исследованиях; пока такой возможности у учёных не было (кроме изучения лунного грунта);
* с технической точки зрения, полёт к естественным спутникам Марса проще, чем к другим малым телам Солнечной системы. С них целесообразно начинать новую линию космических исследований – экспедиций к малым телам с целью доставки на Землю образцов их веществ;
* ранее в проекте "Фобос" (1988 – 1989) были решены многие технические вопросы полёта к спутникам Марса и получены новые научные данные о Фобосе. Таким образом, будет обеспечена преемственность решений;
* в последнее время вокруг исследований Марса сложилась широкая международная кооперация, включающая космические агентства и научные организации многих стран. Проект "Ф – Г" может стать важным самостоятельным российским элементом этой кооперации.

Основные задачи проекта "Ф – Г" сводятся к следующим:

* определить происхождение спутников Марса – Фобоса и Деймоса и их отношение к Марсу;
* решить, является ли Фобос захваченным астероидом или телом, имеющим "генетическую" связь с Марсом; полученные результаты могут быть использованы при исследовании спутниковых систем других планет;
* выяснить, каковы физические и химические характеристики спутников Марса, их внутреннее строение, особенности орбитального и собственного вращения;
* доставить образец реликтового (первичного) вещества на Землю.

С учётом сложности экспедиции и чтобы "не терять время", предполагается проведение научных экспериментов по исследованию Фобоса, Марса и межпланетного пространства на всех участках перелёта. Сюда должны войти:

* исследование атмосферы и поверхности Марса;
* исследование околопланетной среды в окрестностях Марса и Фобоса (пылевая и газовая составляющие);
* исследование взаимодействия солнечного ветра с телами Солнечной системы;
* технические исследования (поведение новых систем в длительном полёте).

Кроме того, после посадки на поверхности спутника останется долгоживущая станция с комплектом научной аппаратуры для проведения ряда исследований.

В состав бортовой научной аппаратуры АМС "Ф – Г" войдут панорамная ТВ-камера, гамма-спектрометр, нейтронный детектор, сейсмометр, температурный анализатор, фотометр пылевой среды, анализатор космической пыли, генератор доплеровских измерений и ряд других. Стартовая масса всего аппарата составит около 7250 кг, масса на момент выхода на гелиоцентрическую орбиту – 2370 кг. В качестве носителя предполагается использовать РН типа "Союз" или "Днепр".

Старт аппарата к Марсу планируется в декабре 2004 – июне 2005 года. Носитель выводит КА на опорную круговую орбиту ИСЗ, после чего аппарат разгоняется с использованием бортового ЖРД. Переход на начальную гелиоцентрическую орбиту осуществляется с помощью трёхимпульсного манёвра. После выработки топлива блок баков отделяется. Затем раскрываются панели солнечных батарей и включается электроракетная двигательная установка (ЭРДУ). Аппарат начнёт медленный доразгон на гелиоцентрическом участке траектории, чтобы достичь Марса, уравнять скорость со скоростью орбитального движения планеты и выйти в плоскость марсианского экватора. По первоначальным расчётам длительность перелёта к Марсу составляла порядка 800 суток (в этом случае перелётная траектория включает два активных участка). Однако оптимизация траектории не завершена, и в настоящее время считается, что перелёт может быть сокращён за счёт иной баллистической схемы до 450 – 500 суток.

Незадолго перед встречей с Марсом модуль ЭРДУ, выполнив свою задачу доразгона, отделяется. В перицентре пролётной траектории бортовой ЖРД выдаёт тормозной импульс, и аппарат выходит на эллиптическую орбиту искусственного спутника Марса (ИСМ). Далее с этой орбиты аппарат переходит на так называемую круговую орбиту наблюдения, плоскость которой лежит в плоскости марсианского экватора, на 300 км выше орбиты Фобоса. В течение трёх недель с этой орбиты будут выполнены навигационные наблюдения Фобоса (уточнение параметров его орбиты и орбиты самого аппарата). Какая-то часть времени будет отдана научным наблюдениям Фобоса и Марса.

**Рисунок 15. Схема перелёта АМС "Фобос – Грунт".**

Наконец, начнётся последовательное сближение с Фобосом, методика которого, в принципе, уже рассчитана и частично отработана при подлёте советской АМС "Фобос-2" к Фобосу в январе – марте 1989 г.

Сближение с Фобосом включает два основных этапа:

* орбитальное сближение;
* непосредственное сближение.

На первом этапе КА выходит на квазисинхронную орбиту. Находясь на ней, аппарат в относительном движении обращается вокруг Фобоса с периодом, равным периоду обращения этого спутника вокруг Марса (Фобос всегда повёрнут к планете одной стороной).

Сближение и посадка на Фобос из-за малой силы гравитации на спутнике (менее 0,001 земной) представляет, по сути дела, операцию встречи и стыковки. В течение 1,5 – 2 часов аппарат в автономном режиме осуществит непосредственное сближение с Фобосом с использованием ДУ малой тяги. После выдачи последнего импульса скорость сближения КА со спутником составит около полуметра в секунду. В непосредственной близости от поверхности начнётся этап причаливания. С борта в сторону поверхности "выстреливаются" и заглубляются в грунте несколько "гарпунов", связанных с платформой аппарата гибкими тросиками. Далее КА с выключенными ДУ садится на поверхность. В момент касания срабатывают прижимные двигатели, а бортовые "лебёдки" выбирают глубину натяжения тросиков. Аппарат оказывается надёжно зафиксированным на поверхности.

Через некоторое время после посадки на аппарате приводится в действие грунтозаборное устройство. Взятые образцы грунта (реголита) массой около 170 г из устройства перегружаются в спускаемый аппарат (СА), входящий в состав взлётной ракеты (ВР). СА герметично закрывается, и грунтозаборное устройство отводится в сторону, чтобы не мешать старту ракеты с платформы.

Через 1 – 3 суток после посадки ВР должна стартовать с Фобоса на траекторию перелёта к Земле. После ухода от поверхности Фобоса на безопасное расстояние ВР разворачивается с помощью двигателей стабилизации на заданный угол; затем маршевый двигатель отрабатывает импульс для ухода возвращаемого аппарата на траекторию перелёта к Земле.

После старта на Фобосе останется орбитально-перелётный модуль (ОПМ) с научной аппаратурой, или так называемая долгоживущая станция. Сбор и передачу на Землю научных данных станция должна будет вести не менее трёх месяцев с момента посадки на Фобос.

Перелёт ракеты к Земле продлится около 280 дней. За это время она будет периодически выходить на связь с наземными станциями, сбрасывая телеметрию и принимая команды, и отрабатывать коррекции траектории двигателями малой тяги. За сутки до входа в атмосферу Земли будет проведена последняя коррекция, обеспечивающая попадание СА в заданный район на поверхности. За 15 минут до входа в атмосферу от ракеты отделится СА массой 12 кг.

Возвращение СА с образцами грунта на Землю произойдёт ориентировочно в мае – июне 2008 года.

**б) ЕВРОПЕЙСКИЙ ПРОЕКТ MARS EXPRESS**

Mars Express с посадочным аппаратом Beagle 2 должен быть запущен с Байконура РН "Союз – Фрегат" в период 23 мая – 2 июня 2003 года. Ориентировочно 26 декабря 2003 г. зонд Beagle 2 должен выполнить посадку с подлётной траектории в районе 11° с.ш. и 270° з.д., а станция выйдет на орбиту спутника Марса. Стартовая масса орбитального аппарата 1190 кг, сухая масса с установленными приборами – 680 кг, масса Beagle 2 – 60 кг. Приборный комплекс состоит из камеры высокого разрешения HRSC, картирующего спектрометра OMEGA, фурье-спектрометра PFS, радара MARSIS для зондирования коры планеты до глубины в несколько километров, атмосферного спектрометра SPICAM и анализатора нейтральных атомов ASPERA. С помощью бортового радиопередатчика будет выполняться эксперимент по радиозондированию MaRS. Многие из этих экспериментов перенесены на Mars Express с "Марса-96". В разработке проекта принимают участие 25 компаний из 15 стран Европы.

Mars Express должен проработать на орбите по крайней мере один марсианский год (до декабря 2005 г.), но топлива несёт на двойной срок. Программа работы Beagle 2 на поверхности рассчитана на 6 месяцев, дополнительная программа – до конца первого марсианского года (669 местных или 687 земных суток). Связь с Землёй будет вестись через ретранслятор на КА Mars Express или Mars Odyssey.

Одной из основных задач Beagle 2 является (впервые после пионерских экспериментов на посадочных аппаратах Viking) поиск химических признаков жизни на Марсе, прошлой или современной. Две другие – исследовать геологию, минеральный и химический состав в точке посадки, изучить погоду и климат.

Роботизированный комплекс Beagle 2 – это произведение инженерного искусства, авторами которого являются германская DLR, российский "Трансмаш" и итальянская Techniospacio. В состав его входит манипулятор со стереокамерой, микроскопом, точильно-сверлильным рабочим органом и "кротом" – полуавтономным ползающим сборщиком образцов. На Марсе, где буквально все породы покрыты ржавчиной, необходимо сначала избавиться от неё, а уже потом вести измерения. Для этого предусмотрены две возможности.

Первая состоит в том, что поверхность камня фрезеруется, а затем на очищенной площадке высверливается полым сверлом отверстие и забирается образец диаметром 2 мм и длиной 10 мм. Вторая заключается в использовании "крота" по имени Pluto, который выползает из своего "домика", перемещается со скоростью около 1,5 мм/с на расстояние до 3 метров и зарывается в грунт под защитой какого-нибудь камня. Обратно он возвращается за счёт сматывания кабеля на катушку, неся в своей "пасти" неокисленный образец.

**в) АМЕРИКАНСКИЙ ПРОЕКТ MARS EXPLORATION ROVER**

Американским вкладом в план 2003 г. является пара марсоходов MER (Mars Exploration Rover), способных проходить до 100 метров в сутки. Пуск двух станций значительно увеличивает шансы на успех и – в наиболее благоприятном случае – позволит исследовать сразу два района Марса.

Если сравнить задачи и состав научной аппаратуры КА MER с полезной нагрузкой Beagle 2 – сходство просто бросается в глаза. "Американцы" также оснащаются панорамной камерой, микроскопом и спектрометром Мёссбауэра, манипулятором с пятью степенями свободы и даже шлифовальным устройством RAT для удаления ржавчины на участке диаметром 47 мм.

Когда летом 2000 г. было принято решение о создании этих аппаратов, задача казалась относительно простой. Нужно повторить посадку знаменитой станции Mars Pathfinder (1996 – 1997) с другой полезной нагрузкой – марсоходом с комплексом научной аппаратуры Athena, разработка которого велась уже несколько лет. Но ровер массой 150 кг оказался великоват для разработанной ранее подсистемы обеспечения посадки. Понадобились бóльшие по размеру парашюты и посадочные амортизаторы, и на их отработку ушло немало времени.

Как бы там ни было, в феврале 2002 г. начался этап сборки и лётных испытаний. Старт КА планируется 30 мая и 27 июня 2003 года, прибытие на Марс – 4 января и 8 февраля 2004 года соответственно. Каждый марсоход рассчитан на 3 месяца непрерывной работы на поверхности красной планеты.

Что порадовало разработчиков осенью 2001 г., так это выход на орбиту вокруг Марса станции Mars Odyssey. Марсоход MER в принципе может связываться с Землёй напрямую, но это очень медленный канал. Чтобы передать "картинку", нужен орбитальный ретран-слятор. В штатном режиме для этого используется ретранслятор на "Одиссее", и он, по-видимому, будет работоспособен. Его может заменить Mars Express, а в самом крайнем случае – Mars Global Surveyor (но к этому моменту станции исполнится уже 8 лет, и доживёт ли "Глобал Сервейор" до весны 2004 г., никто не поручится).

г) ПРОЕКТЫ 2005 – 2011 ГОДОВ

В нижеприведённой таблице перечислены перечень аппаратов и сроки их работы в период с 2005 по 2018 годы, согласно материалам планирования загрузки Сети дальней связи (DSN).

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| КА | **Запуск** | **Завершение работы** | Задача и результаты выполнения |
| Mars  Reconnaissance Orbiter (США)  Mars Smart Lander 2007 (США)  Mars Competed Scout 2007 (США)  Mars CNES Orbiter 2007 (Франция)  Mars Netlander (Франция)  Mars АSI/NASA Telecommunications Orbiter 2007 (Италия – США)  Mars ASI/NASA Science Orbiter 2009 (Италия – США)  Mars CNES MSR Lander 2011 (Франция – США)  Mars CNES MSR Orbiter 2011 (Франция – США) | 17.08.2005  04.09.2007  04.09.2007  09.09.2007  09.09.2007  09.09.2007  04.10.2009  30.10.2011  30.10.2011 | 27.02.2016  19.08.2010  19.11.2008  11.08.2008  (12.08.2010)  –  09.08.2018  29.08.2012  10.09.2014  22.07.2014 | КА для высокодетальной съёмки поверхности Марса, изучения следов воды на его поверхности и выполнения атмосферной программы станции МСО.  Мобильная долговременная автоматическая научная лаборатория. Отработка технологии посадки в заданную точку и подготовка к экспедиции по доставке грунта.  Конкурсный попутный проект. Рассматриваются варианты марсианского самолёта, сети малых посадочных зондов и др.  КА для дистанционного зондирования Марса с орбиты спутника и ретрансляции данных с аппаратов Netlander.  Сеть из четырёх малых посадочных аппаратов для изучения динамики атмосферы и внутренней структуры Марса методом сейсмозондирования  Спутник-ретранслятор TeleMars для передачи научной информации с сети Netlander и других посадочных аппаратов. Возможен попутный запуск германского микроспутника.  КА, оснащённый радиолокатором с синтезированием апертуры для детальной съёмки Марса.  Посадочный аппарат комплекса по доставке марсианского грунта.  Орбитальный аппарат комплекса по доставке марсианского грунта. |

**д) ВЫСАДКА АСТРОНАВТОВ СОСТОИТСЯ В 2019 ГОДУ?**

14 – 16 сентября 1998 г. в Институте космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН) состоялось международное совещание под названием "Экспедиция к Марсу", организованное РКК "Энергия", ИКИ РАН и Планетарным обществом США.

Казалось бы, трудно было выбрать для этого более неподходящее время и место. Всерьёз обсуждать перспективы пилотируемой марсианской экспедиции в России в дни жестокого кризиса? Но, если подходить не с позиций сегодняшнего дня, то ясно, что ни в России, ни в США такая экспедиция невозможна без политического решения, которое с тем большей вероятностью будет положительным, чем более обоснованными и менее дорогостоящими будут предложения разработчиков и учёных. А значит, совещание в ИКИ прошло не зря. Ведь как российские, так и американские проекты находятся на сугубо предварительном этапе разработки. И взаимное ознакомление с работами друг друга, их прямой диалог помогают и нашим, и американцам "нащупать" оптимальные варианты.

Два основных доклада с подробным изложением предлагаемых сценариев марсианской экспедиции сделали Л.А.Горшков (РКК "Энергия") и Д.Кук (Douglas R. Cooke, Космический центр им. Джонсона, NASA).

Л.А.Горшковым был представлен проект пилотируемой марсианской экспедиции РКК "Энергия", основанный на опыте более чем 30-летних исследований "королёвской" фирмы. Проект является инициативной разработкой, не утверждённой на уровне РКА.

Класс ДУ для межпланетного перелёта – ЭРДУ. Ядерный ракетный двигатель менее эффективен и мало приемлем с политической точки зрения. В качестве источника энергии для ЭРДУ рассматривается не ядерный реактор, а солнечные батареи.

При использовании ЭРДУ необходимая начальная масса комплекса получается порядка 400 тонн. Наилучшим вариантом по носителю было бы использование РН класса "Энергия" – для сборки комплекса нужны только пять пусков носителя и четыре стыковки, причём такой сложный объект, как марсианский посадочный аппарат со взлётной ракетой, выводится за один пуск.

Марсианский комплекс состоит из солнечного буксира массой 210 – 250 т с запасом рабочего тела 160 т, жилого (орбитального) модуля массой 80 т и посадочного аппарата массой около 60 т. В состав последнего входит взлётная ракета массой около 25 т. Жилой модуль включает в себя радиационное убежище с каютами членов экипажа, средства жизнеобеспечения и завод по производству пищи, командный пост и аппаратуру управления полётом, привода солнечных батарей, шлюзовую камеру. В состав солнечного буксира входят центральный модуль, топливный модуль с баками рабочего тела (ксенон), панели с большим количеством двигателей, многократно резервированных, система управления ЭРДУ. Солнечные батареи расположены в форме ромба со стороной 400 м и строятся на основе ферм с плёночными электрическими преобразователями.

Сборка марсианского комплекса осуществляется автономно, без использования в качестве базы той или иной орбитальной станции. Первым на орбиту выводится жилой блок, на который транспортными кораблями доставляются сменные экипажи сборки и испытаний. В течение нескольких месяцев последовательно запускаются элементы солнечного буксира, последним доставляется марсианский посадочный аппарат. Экипажи сборки и испытаний развёртывают батареи солнечного буксира и проводят испытания комплекса, а затем прибывает экипаж марсианской экспедиции (четыре человека).

Разгон с орбиты ИСЗ по спиральной траектории до отлётной скорости выполняется с помощью ЭРДУ в течение примерно трёх месяцев. В течение примерно 20 суток, когда комплекс проходит через радиационные пояса, экипаж укрывается в радиационном убежище. Для выхода на орбиту спутника Марса и отлёта к Земле также используется солнечный буксир. Для схода посадочного аппарата с орбиты, а затем для старта взлётной ракеты используются ЖРД. При подлёте к Земле с помощью солнечного буксира выполняется выход на орбиту ИСЗ, на которой экипаж проходит карантин. После этого буксир, за исключением фотоэлектрических преобразователей солнечных батарей, может быть использован повторно.

Работы по осуществлению марсианской экспедиции осуществляются в три фазы. На первой, в 1999 – 2005 гг., на базе российского сегмента МКС отрабатывается использование электрореактивных ДУ (проекты "Модуль-М", "Модуль-М2" и "Марс-Модуль"). "Марс-Модуль" представляет собой масштабный прототип пилотируемого корабля. Эти прототипы должны подтвердить закладываемые в проект принципы и – дополнительно – принести научную информацию. На втором этапе, в 2010 – 2012 гг., проводится генеральная репетиция марсианской экспедиции в беспилотном варианте. Служебный (орбитальный) модуль не включается в состав комплекса – он отрабатывается в пилотируемом режиме на орбите ИСЗ. Вместо него к Марсу отправляется второй посадочный аппарат. Первый посадочный аппарат заберёт образцы марсианского грунта и вернёт их на Землю. Второй вместо взлётной ракеты будет нести полезную нагрузку, в качестве которой рассматривается комплект из десяти марсоходов массой по 1,5 – 2 тонны с большим радиусом действия. Они могли бы пройти по разным трассам и выполнить огромный объём научных исследований. На третьем этапе реализуется первая пилотируемая экспедиция, старт которой может быть осуществлён в 2015 г., а длительность составит два года. Если в её задачи не будет включено развёртывание марсианской базы, длительность работы экипажа на поверхности Марса составит от 7 до 30 суток. Если на этапе беспилотных исследований выяснится, что такая база (радиационное убежище) необходима, её оборудование может быть доставлено одновременно с марсоходами, а первая пилотируемая экспе-диция продлится дольше. Вопрос о политической и экономической осуществимости данного проекта на совещании не рассматривался.

Проект Центра Джонсона, в отличие от "энергиевского", не может похвастать тридцатилетней традицией. Его разработчики молоды и по-хорошему нахальны. Они заложили в проект по крайней мере три новшества: производство топлива на Марсе из местных ресурсов, использование для выхода на орбиту аэродинамического торможения и применение надувных жилых отсеков. Плюс к этому - солнечный электрический буксир. Как и "Энергия", отдел Кука выбрал электрическую тягу вместо ядерной, хотя последняя и была более выгодной с точки зрения массы.

В качестве базового носителя рассматривается РН Magnum с грузоподъёмностью порядка 80 тонн. В её состав входят центральный блок (на основе внешнего бака "шаттла") с тремя двигателями SSME и два стартовых жидкостных возвращаемых ускорителя, которые могут быть разработаны в ходе модификации транспортной системы Space Shuttle. "Изюминкой" конструкции носителя является использование донной теплозащиты запускаемых марсианских модулей в качестве составного элемента головного обтекателя РН. Используя этот щит, так называемые "санки" (ellipsled), модули могут садиться на поверхность Марса или выполнять торможение в атмосфере планеты для выхода с пролётной траектории на орбиту (аэродинамический захват).

Солнечный буксир многократного использования (SEP) выводится однойРН Magnum. Буксир имеет тонкоплёночные солнечные батареи максимальным размахом 185 м, общей площадью 7100 м2 и выходной электрической мощностью 800 кВт. Буксир и остальные компоненты доставляются и собираются на низкой орбите – возможно, но не обязательно, на орбите МКС. Буксир SEP используется только для разгона с низкой околоземной орбиты до высокоэллиптической в течение 9 – 12 месяцев. Чтобы избежать длительного нахождения экипажа в радиационных поясах, экипаж подсаживается с транспортного корабля уже на высокоэллиптической орбите. Переход с высокоэллиптической орбиты на трассу перелёта к Марсу осуществляется на ДУ с ЖРД, после чего SEP возвращается "своим ходом" на низкую околоземную орбиту. Так как возвращение с Марса обеспечивается ЖРД, американская экспедиция остаётся жёстко привязанной к оптимальным астрономическим срокам. Рассматривается два варианта схемы экспедиции. Условно их можно назвать двухпусковым и однопусковым, если под пуском понимать разгон с помощью солнечного буксира.

В двухпусковой схеме в первом пуске к Марсу отправляются возвращаемый жилой модуль (Return Habitat, RH) и ракетный блок для разгона с марсианской орбиты (Trans Earth Injection, TEI), которые выводятся путём аэродинамического захвата на эллиптическую орбиту с периодом 1 марсианские сутки. Одновременно комплекс в составе возвращаемого аппарата (Mars Ascent Vehicle, MAV), аппаратуры для производства компонентов топлива, аппаратуры для научных исследований и ядерного источника питания садится на поверхность с подлётной траектории. Во втором пуске идёт жилой модуль с экипажем (для радиационной защиты экипажа на этапе перелёта используется слой воды; искусственная тяжесть не предусматривается). Модуль с экипажем выходит на орбиту спутника Марса путём аэродинамического захвата, а затем спускается на поверхность. На возвращаемом аппарате экипаж выходит на орбиту и стыкуется с возвращаемым жилым модулем. Для старта к Земле используется ЖРД блока TEI. Модуль RH выходит на низкую околоземную орбиту аэродинамическим захватом, а экипаж снимается с него и доставляется на Землю "шаттлом".

В рамках сценария, известного как опция Е-19(Р), два пуска планируются на 2016 и 2018 гг., причём посадка на Марс выполняется в июле 2019 г., через 50 лет после первой лунной экспедиции. Буквой Р обозначен "умеренный" (paced) темп работ. Существует также "агрессивный" сценарий Е-19(А), в котором пуски планируются на 2011 и 2013 г.

В однопусковой схеме к Марсу одновременно, но по отдельности, отправляются перелётный жилой модуль TransHab (Transit Habitat) с ракетным блоком TEI и комбинированный посадочный модуль (Combo Lander) с возвращаемым аппаратом, поверхностным жилым модулем, аппаратурой для научных исследований и ядерным источником питания. Экипаж находится в модуле TransHab. Жилой модуль и посадочный модуль выходят методом аэрозахвата на орбиту спутника Марса высотой 250 км и стыкуются на ней. Спуск на Марс выполняется в посадочном модуле. Возвращаемый аппарат выходит на орбиту и стыкуется сперелётным модулем. Возвращение экипажа выполняется так же, как и при двухпусковой схеме.

В зависимости от принятого сценария, длительность работы экипажа на поверхности Марса составит от 45 до 500 суток. В последнем случае общая длительность экспедиции достигнет трёх лет.

Комментируя американскую схему, Л.А.Горшков подчеркнул важное сходство: команда Центра Джонсона также пришла к необходимости использования электрореактивных двигателей. В то же время, сказал он, с многокорабельной схемой и в особенности изготовлением топлива на Марсе пока согласиться нельзя. Производство топлива из местных ресурсов – очень интересная и хорошая технология на будущее, но класть её в основу первой пилотируемой экспедиции слишком рискованно, считает Леонид Алексеевич.

Стоит отметить, что в обоих проектах безопасность экипажа была объявлена первым приоритетом, а выполнение задачи – вторым. Но возникают и некоторые сомнения к правильности такого подхода, ведь участники полёта на Марс рискуют во имя будущего человечества, и добровольцы обязательно найдутся.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Большая Советская Энциклопедия. 3-е изд. Том 15. М., "Советская Энциклопедия", 1974.
2. Бронштэн В.А. Новая загадка Марса/ В сб. "Познание продолжается", М., "Просвещение", 1970.
3. Леонов А.А. На космических трассах/ В сб. "Наука и человечество. 1965", М., "Знание", 1965.
4. Мороз В.И. Космические аппараты исследуют Марс: советская экспедиция 1973 – 1974 гг./ В сб. "Наука и человечество. 1976", М., "Знание", 1975.
5. Зигель Ф.Ю. Сокровища звёздного неба: Путеводитель по созвездиям и Луне. М., "Наука", 1987.
6. Морозов К.В. Ракеты-носители космических аппаратов. М., "Машиностроение", 1975.
7. Кондрашов А.П. Справочник необходимых знаний. М., "РИПОЛ КЛАССИК", 2001.
8. Зайцев Ю. Миссия "Фобос"/ В сб. "Космонавтика, астрономия", №№ 10 – 12, 1989.
9. Карпенко С. Наша межпланетная станция (Проект российской АМС "Фобос – Грунт")/ Журнал "Новости космонавтики", № 3, 2000.
10. Лисов И. "Mars Pathfinder" исследует Марс/ Журнал "Новости космонавтики", № 14, 1997.
11. Лисов И. В 2019 г. человек высадится на Марс?/ Журнал "Новости космонавтики", № 19/20, 1998.
12. Лисов И. До и после "Одиссея"/ Журнал "Новости космонавтики", №№ 6 – 7, 2001, №№ 2 – 3, 2002.
13. Глазков Ю.Н. Готово ли человечество к полёту на Марс?/ В сб. "Гипотезы. Прогнозы". Вып.23. М., "Знание", 1990.