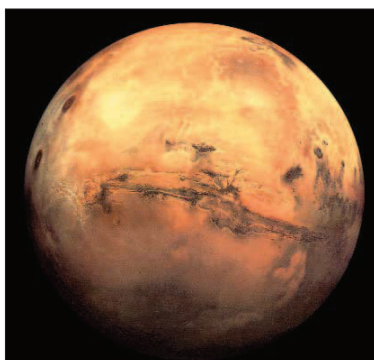


МАРС ВСЕ БЛИЖЕ



Академик Анатолий ГРИГОРЬЕВ,
вице-президент РАН, научный руководитель
Института медико-биологических проблем (ИМБП) РАН,
доктор медицинских наук Борис МОРУКОВ,
летчик-космонавт РФ,
заместитель директора по науке того же института

В Институте медико-биологических проблем РАН осуществляется эксперимент по моделированию полета на Марс. Шестеро добровольцев из России, Франции, Италии, Китая проведут в изолированном пространстве специально оборудованного медико-технического комплекса 520 суток — именно столько, а то и больше времени займет по предварительным оценкам путь от Земли до Красной планеты и обратно. Дверь, закрытая за испытателями в июне 2010 г., откроется для них вновь, как планируется, лишь в ноябре 2011 г.

НОВИЗНА ЗАДАЧ

Космическая деятельность человечества — уникальный «полигон» для создания и испытаний в экстремальных условиях передовых технологий, подготовки высококвалифицированных кадров. Реализа-

ция масштабных проектов в этой области может быть образцом концентрации сил общества на решении сложнейших задач в кратчайшие сроки.

Начало третьего тысячелетия отмечено ростом интереса мирового сообщества к межпланетным поле-

там. Об этом свидетельствуют не только оживленные дискуссии ученых и технических специалистов о таких экспедициях, но прежде всего увеличение числа стартов зондов к планетам Солнечной системы, в том числе к Марсу*, который представляет наибольший интерес для исследований. Хотя это не самая близкая к Земле большая планета, но, несомненно, наиболее досягаемая, к тому же в определенной степени со сходными физическими и климатическими параметрами. И несмотря на достижения в дистанционном изучении ее поверхности автоматическими аппаратами, трудно предположить, что земляне откажутся от идеи пилотируемого полета, поскольку участие человека может значительно расширить диапазон и результативность исследований, проводимых с целью освоения Марса, а гипотетически — и его колонизации. Вместе с тем в ходе такой миссии на основе новых знаний о нем вполне реально найти вероятные пути решения ряда фундаментальных биологических и экологических проблем сохранения биосферы Земли.

Обоснованием возможности такого межпланетного путешествия является уникальный опыт орбитальных полетов человека продолжительностью более года — в них эффективная система медицинского обеспечения позволила сохранить здоровье, работоспособность космонавтов, их благополучное возвращение к условиям земной гравитации. Однако полностью переносить эти внушающие оптимизм результаты на разработку будущего межпланетного полета нельзя — это связано с новизной и спецификой проблем, обусловленных в первую очередь условиями деятельности членов марсианской экспедиции.

Следует подчеркнуть: при разработке ее стратегии человеческий фактор становится приоритетным, а люди — наиболее ценным и вместе с тем уязвимым звеном миссии, в значительной степени определяющим возможность реализации проекта в целом.

В чем же будет состоять упомянутая новизна? Экипажу придется действовать в условиях автономности, длительной социальной изоляции, ограниченного пространства и отрыва от земных условий жизни при высокой степени ответственности за успех миссии в сочетании со значительным риском. Невозможность получить помощь с Земли, включая срочное возвращение, — также важнейший психологический фактор, последствия которого трудно предугадать. Задержка прохождения электронного сигнала (до 40 мин) затруднит информационный обмен с центром управления полетом и уменьшит объем коммуникации. Другая проблема — невозможность допоставки ресурсов: пищи, воды, лекарств, оборудования и т.д.

Физические факторы, воздействующие на человека во время предполагаемого полета, тоже имеют



**Космонавт Валерий Поляков на месте приземления
после 438-суточного космического полета
(8 января 1994 г. – 22 марта 1995 г.)**

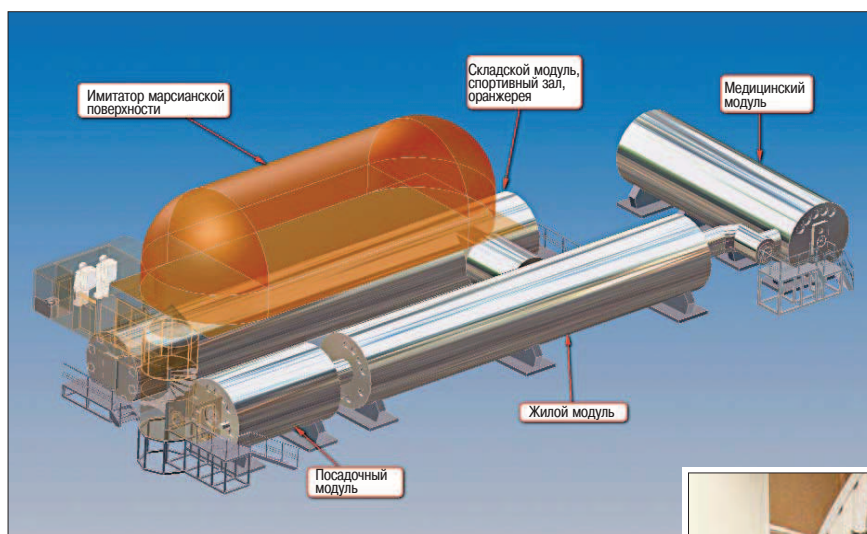
свои особенности. Это и высокая степень радиационной опасности, и чередование разных уровней гравитации, и отсутствие привычного магнитного поля*.

Для работы на поверхности Красной планеты потребуется создать скафандры с системами жизнеобеспечения, адекватными суровым условиям, средства передвижения, робототехнику. Необходимо будет обеспечить и медико-биологическую безопасность космонавтов. Все это новые, самостоятельные проблемы, и для их решения необходимы целенаправленные научные и технические изыскания.

Словом, экспедиция на Марс потребует тщательной подготовки на Земле. Опытно-конструкторским работам должны предшествовать многочисленные теоретические, технологические и медико-биологические исследования, одним из которых является проект «Марс-500», реализуемый в настоящее время в Государственном научном центре РФ — Институте медико-биологических проблем РАН.

*См.: И. Митрофанов. Разгадывая марсианские тайны. — Наука в России, 2002, № 6; А. Портнов. Как погибла жизнь на Марсе. — 2003, № 2; М. Литвак, И. Митрофанов. Времена года на Марсе. — 2004, № 4; Э. Галимов. Перспективы планетоведения. — 2004, № 6 (прим. ред.).

*См.: К. Труханов, Н. Кривова. Брать ли на Марс магнитное поле Земли? — Наука в России, 2010, № 3 (прим. ред.).



Наземный экспериментальный медико-технический комплекс Института медико-биологических проблем РАН.

Экипаж эксперимента «Марс-500».

520 ДНЕЙ И НОЧЕЙ

Один из видов моделирования воздействия факторов космического полета на организм человека — эксперименты с длительной изоляцией специально отобранных испытуемых-добровольцев в условиях гермообъема. Для этих целей в 60-х годах XX в. в Институте медико-биологических проблем Министерства здравоохранения СССР (ныне ИМБП РАН) по инициативе академика С.П. Королева был спроектирован и построен наземный медико-технический комплекс, позволявший вести исследования, в том числе и психофизиологические, в условиях искусственно регулируемой среды обитания. Кроме того, здесь отрабатывали технологии систем жизнеобеспечения — ряд из них затем успешно использовали в реальных полетах на пилотируемых кораблях и орбитальных станциях.

Параллельно проводили опыты, моделирующие эффекты микрогравитации. Среди них, безусловно, выдающееся значение имели эксперименты с 370-суточной антиортостатической гипокинезией* и 56-суточной «сухой» водной иммерсией**. По их итогам был предложен и апробирован комплекс мер, обеспечивающих поддержание нормальных условий жизнедеятельности, сохранение физического и психического здоровья на всех этапах выполнения программы полета. И приоритет российских специалистов в этой области космических исследований несомненный***.

*Антиортостатическая гипокинезия — ограничение двигательной активности, имитирующее функционирование организма в условиях невесомости. Испытуемый постоянно пребывает в лежачем положении, причем его голова находится ниже ног на 4–6° по горизонтали (прим. ред.).

**«Сухая» водная иммерсия — метод моделирования условий невесомости. Испытуемый погружается в водную среду без контакта с ней, поскольку размещен на поверхности специальной гидроизоляционной ткани (прим. ред.).

***См.: О. Газенко, А. Григорьев, А. Егоров. Космическая медицина: вчера, сегодня, завтра. — Наука в России, 2006, № 3, 4 (прим. ред.).



В ИМБП накоплен большой опыт проведения длительных экспериментов, моделирующих воздействие на человека факторов космического полета в условиях изоляции и замкнутого гермообъема, в том числе совместно с учеными Европы, США, Канады, Японии. Например, с сентября 1994 по январь 1995 г. в кооперации с Европейским космическим агентством прошел эксперимент HUBES (Human Behavior in Extended Spaceflight — поведе-



Подготовка экипажа в экстремальных условиях выживания в зимнее время.

ние человека в длительном космическом полете), продолжавшийся 135 суток. С октября 1995 по январь 1996 г. — 90-суточный эксперимент ЭКОПСИ (экология и психология). В ходе его сделали попытку сформулировать понятие психофизиологической комфортности среды обитания, оценить взаимодействие с ней человека, возможность управления динамикой этого процесса. Наконец, в 1999-2000 гг. провели 240-суточный эксперимент SFINCSS (Simulation of Flight of International Crew on Space Station — моделирование полета международного экипажа на космической станции). Его основной целью являлась имитация ныне широко известных полетов на МКС.

Не случайно в начале XXI в. возникла идея провести на базе того же наземного медико-технического комплекса моделирование пилотируемого полета на Марс. Она нашла поддержку Роскосмоса, Российской академии наук, ведущих космических фирм России — Ракетно-космической корпорации «Энергия» им. С.П. Королева, Центрального научно-исследовательского института машиностроения и др. Проект получил название «Марс-500». И в 2006 г. три имеющихся модуля были полностью переоборудованы, разработаны новые системы жизнеобеспечения, поддержки температурного режима и снабжения водой. В 2007 г. специально для этого проекта построили четвертый герметичный модуль объемом

250 м³ (помимо склада, в нем размещается тренажер и зал), а в 2008 г. смонтировали пятый — с имитатором марсианской поверхности. В итоге теперь создана уникальная стендовая база, включающая единственный в мире комплекс гермокамер с управляемой средой обитания, что позволит провести исследования в условиях, максимально приближенных к реальным в будущей пилотируемой межпланетной экспедиции. Здесь уже прошли два подготовительных эксперимента с изоляцией экипажей добровольцев: первый, длительностью 14 суток, был закончен в ноябре 2007 г., второй, продолжительностью 105 суток, завершен в июле 2009 г.

В июне 2010 г. в наземном медико-техническом комплексе начался основной эксперимент проекта «Марс-500» — 520-суточная изоляция команды добровольцев из шести человек, моделирующая некоторые особенности пилотируемого полета на Красную планету. Цель — изучение взаимодействия в контуре «человек — окружающая среда» и получение экспериментальных данных о состоянии здоровья и работоспособности людей, находящихся в герметично замкнутом пространстве ограниченного объема, в условиях искусственной среды обитания с регулируемые параметрами газового состава, атмосферного давления, температуры, влажности и др. Как уже говорилось, моделирование полета включает такие факторы, как сверхдлительность, автономность, ог-



**Отработка взаимодействия
и совместимости членов экипажа.**



**Функциональные пробы
с велоэргометрией –
элемент тренировки
членов экипажа.**

раниченность ресурсов, невозможность оказания экстренной медицинской и психологической помощи и др. В числе задач — организация деятельности экипажа и его взаимодействия с наземным центром управления, совершенствование средств оказания медицинской помощи и профилактики. Хорошую физическую форму участникам исследования помогут поддерживать размещенные внутри комплекса различные тренажеры — беговая дорожка, велоэргометры, эспандеры. Испытателям предстоит вести регулярный токсикологический и микробиологический контроль состояния модулей, а также индивидуализированный учет потребляемых ресурсов — пищи, воды, расходных материалов и т.д. Последние

операции должны контролироваться командиром экипажа, учитывая их значение для предотвращения конфликтов. Кстати, не случайно в составе комплекса размещена оранжерея: как уже доказано, работа в ней благотворно воздействует на психологическую атмосферу.

Предстоит смоделировать деятельность людей на поверхности Марса, а также при динамических операциях во время полета к нему и обратно. Будут отрабатываться методы телемедицины, апробироваться автономные средства психологической поддержки. Пройдут оценку современные технологии, системы и средства обеспечения жизнедеятельности и защиты человека.



Биохимические исследования крови – один из элементов тренировки членов экипажа.

ЭКИПАЖ

Исследования проводятся с участием шести человек в возрасте 25–38 лет. В команде трое россиян – инженер Алексей Ситев (на него возложены функции командира экспедиции), кардиохирург Сухроб Комолов и военный врач Александр Смолеевский, два представителя Европейского космического агентства – инженеры Роман Шарль (Франция) и Диего Урбина (Италия), представитель Китайского центра подготовки космонавтов Ванг Юэ. Каждому из них отведена в полете своя роль: помимо командира, в состав экипажа входят врач, бортиженер и три исследователя (из них формируется десант на поверхность Марса, включающий пилота посадочного модуля и двух испытателей). Предусмотрена их взаимозаменяемость на основе дублирования функций. От претендентов на участие в эксперименте (всего в конкурсе приняли участие более 6000 человек из России и других стран мира) требовалось знание русского и английского языков на уровне, обеспечивающем профессиональное и бытовое общение.

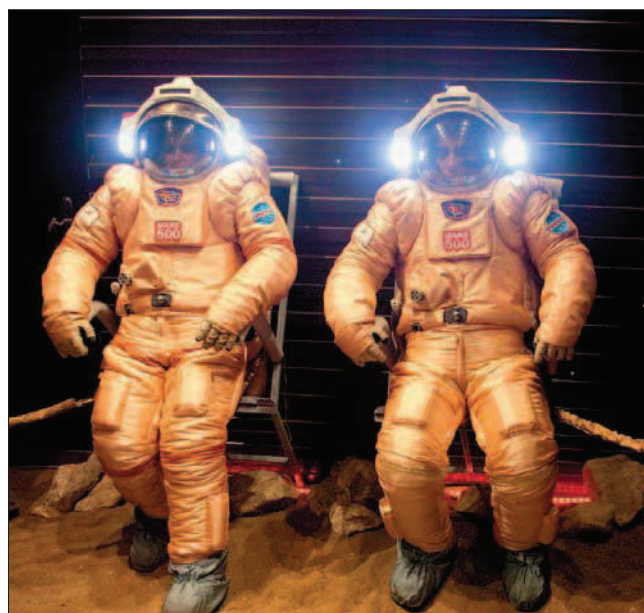
При отборе испытателей, помимо хорошего здоровья и высокого профессионализма в определенной области деятельности, учитывалось наличие творческих способностей, умения воспринимать и осваивать новую информацию, высокой мотивации, убежденности, что именно его участие в этом эксперименте

является необходимым условием общего успеха. Важными факторами отборочная комиссия сочла и такие психологические качества, как критичность в оценке своего поведения, умение устанавливать благоприятные взаимоотношения с коллегами, подчинять свои интересы интересам всего экипажа, способность практически реализовать принятые решения. Желательными были и толерантность, естественность, концентрация на поставленной задаче, независимость, демократичный склад характера, наконец, чувство юмора.

Опыт упомянутого выше эксперимента со 105-суточной изоляцией показал необходимость более тщательной и продолжительной подготовки добровольцев. Вот почему для отработки навыков работы и взаимосвязей в составе группы с кандидатами в испытатели проводили специальные тренировки, в том числе в экстремальных условиях выживания в зимнее время. На специальных стендах проверяли парное взаимодействие и совместимость претендентов. Наконец, за месяц до начала 520-суточной «экспедиции» был сформирован окончательный состав.

ЭТАПЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

В ходе изоляции шести «космонавтов» в ИМБП РАН моделируются основные этапы экспедиции. Прежде всего предстоит состыковать орбитальный



Тренировка на имитаторе марсианской поверхности в скафандрах «ОРЛАН-Э».

Инструменты для работы операторов на марсианской поверхности.

монтажный и межпланетный комплексы (1-11 сутки эксперимента). Затем начнется сам «перелет» к Красной планете: по спиральной траектории — в поле тяготения Земли (12-50 сутки), по гелиоцентрической орбите — до окрестности Марса (51-200 сутки), по спиральной траектории — в поле его тяготения (201-246 сутки), и наконец — по околомарсианской орбите со спуском взлетно-посадочного модуля на поверхность планеты и возвращением его на основной экспедиционный комплекс (247-252 сутки).

При высадке на Красную планету планируется имитация трех выходов на поверхность двух испытателей (третий остается на борту модуля), ее дистанционное исследование с использованием робототехнических средств и виртуальных моделей. В этот период три члена экипажа, находящиеся в макете марсианского комплекса, осуществляют круглосуточное наблюдение и связь с экипажем взлетно-посадочного модуля. Затем — имитация взлета последнего и его стыковки с межпланетным космическим комплексом. Путь домой начнется с «полета» по спиральной траектории в поле тяготения Марса (279-319 сутки), при этом испытатели, участвовавшие в операциях выхода на поверхность, после возвращения на корабль подвергнутся режиму 5-суточной обсервации, т.е. специальному медицинскому наблюдению (279-283 сутки). Последующие этапы: по гелиоцентрической орбите — до окрестности Земли (320-470 сутки) и по спиральной траектории — в поле ее тяготения (471-520 сутки).

Для моделирования внекорабельной деятельности на имитаторе марсианской поверхности Научно-производственное предприятие «Звезда» (Московская область) разработало комплект скафандра «Орлан-Э». В качестве базовой модели выбрали его предшественника «Орлан-ДМА» — он использовался для внекорабельной деятельности на орбитальной станции «Мир» в 1988-1997 гг. В ходе доработок его конструкцию максимально облегчили, снабдили системой внутренней вентиляции, устройством регулирования избыточного давления, проводной системой для ведения речевой связи. Испытатели будут использовать инструменты, разработанные в свое время для советской лунной программы.

Работы на поверхности Марса «космонавты» будут имитировать с помощью виртуальной (искусственной, но по ощущениям приближенной к действительной) реальности. При отсутствии в настоящее время образцов конкретной техники, с помощью которой будет осуществляться освоение других планет, это позволит смоделировать как уже известные специфические параметры их среды (гравитацию, освещенность, запыленность и пр.), так и психологическую структуру деятельности в непривычных условиях. Тогда работающий в рамках данной модели оператор будет переживать реальную психофизиологическую напряженность, связанную с выполнением ответственной деятельности, в том числе и при возникновении нештатных ситуаций, например, воз-



Проведение физиологических исследований в ходе эксперимента «Марс-500».

можной потери одного из членов экипажа в условиях пыльной бури и т.п.

Программа научных исследований в «Марсе-500» представлена 105 проектами, включающими комплексные эксперименты в области психофизиологии, биохимии и т.д. В них, кроме ИМБП, принимают участие Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН, Институт химической физики им. Н.Н. Семенова РАН, Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, а также Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Научно-исследовательский центр Первого московского государственного медицинского университета им. И.М. Сеченова, Научно-исследовательский и конструкторский институт химического машиностроения (Москва), Российский государственный технологический университет им. К.Э. Циолковского (МАТИ), Московский государственный университет приборостроения и информатики, Московский государственный педагогический университет им. В.И. Ленина, Научно-производственное объединение «Криотон» (Троицк, Московская область) и др. Основным иностранным партнер — Европейское космическое агентство. Наряду с ним в работах участвуют Немецкое аэрокосмическое агентство, Китайский центр подготовки космонавтов, Национальный институт космических медико-

биологических исследований (США), Малазийское космическое агентство, а также университеты городов Пиза и Болонья (Италия), Межвузовский институт исследований по биоинженерии и антропоцентрической технологии (Испания).

В процессе формирования научной программы «Марс-500» проведена интеграция сходных предложений, согласованы механизмы взаимодействия ученых и обмена информацией. Реализация программы проходит успешно, экипаж владеет методиками и навыками работы с аппаратурой. Возникающие проблемы разрешаются в ходе обмена электронными и видео-файлами между учеными и членами экипажа.

Ожидаемые результаты эксперимента послужат исходными данными по разработке системы медикотехнической организации межпланетных экспедиций. Выявятся и новые научные, медицинские и технические проблемы, которые станут предметом дальнейших исследований.

Иллюстрации предоставлены авторами