

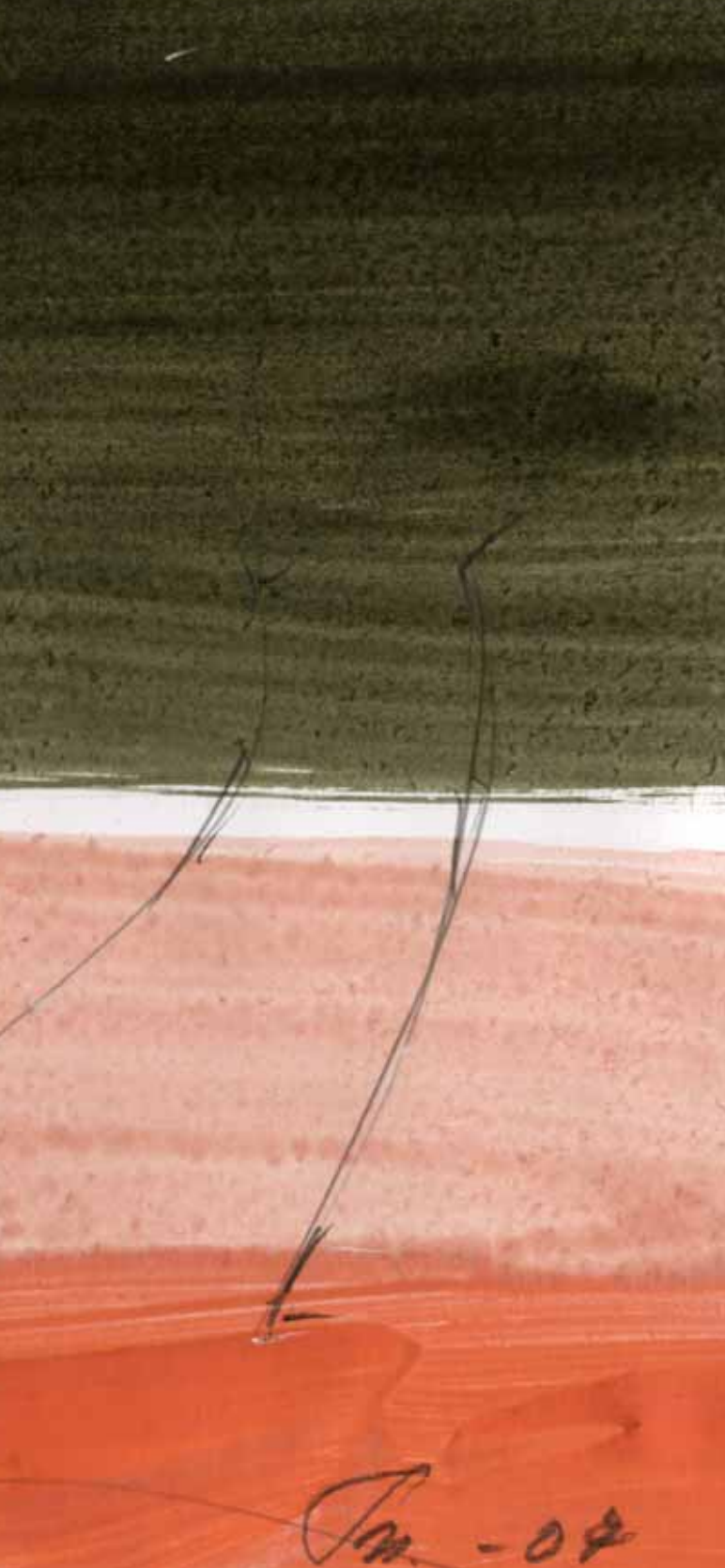


# Жизнь в заточении

Кандидат физико-математических наук  
**С.М.Комаров**

## Земной полет на Марс

Когда Колумб набирал матросов по барселонским кабакам для плавания на «Санта-Марии» он вряд ли думал о совместимости членов экипажа и перспективах пожизненной психологической реабилитации участников экспедиции и их дублеров, тем более что последних не было. Наверное, его больше занимали другие вопросы: не протухла ли солонина, не подкачал ли бондарь, который сделал бочки для запасов воды и вина, не откажет ли в



самый последний момент королева Изабелла Кастильская в финансировании экспедиции. Что же касается членов экипажа, то ежели и попадутся среди них буйные, так с ними можно справиться старым морским способом — с помощью веревки и реи.

Нынче времена другие, гуманные. Имея за плечами почти пятидесятилетний опыт пилотируемых космических полетов, ученые из Института медико-биологических проблем РАН считают, что полет человека на Марс слишком важен, чтобы позволить малейшей оплошнос-

ти с подготовкой экипажа ему помешать. Тем более что экипаж составляет всего четыре—шесть человек, каждый из которых незаменим, а регулировать конфликты упомянутым способом никак не получится хотя бы потому, что космонавты находятся в невесомости. Поэтому задолго до полета нужно провести серию экспериментов, которые позволят смоделировать взаимодействия членов международного экипажа во время длительного межпланетного перелета и возвращения обратно. Цель же моделирования — сделать так, чтобы космонавты добрались до Красной планеты и вернулись назад, на Голубую, столь же дружным и сплоченным коллективом, какой начинал экспедицию. Небольшой опыт межпланетных путешествий и значительный международных полетов на орбитальных станциях свидетельствует, что проблемы психологического плана имеют место и лучше бы их решить заранее. Все-таки на расстоянии в миллионы километров, откуда радиосигнал доходит до Земли за 20 минут, Центру управления полетами будет трудно помочь космонавтам. Поэтому и появилась идея эксперимента «Марс-500». Он предполагает добровольное заточение участников в испытательном центре ИМБП РАН на 520 дней.

Каждый день пребывания участника эксперимента на борту испытательной станции стоит немалых денег. Только оплата составляет от 150 (для первого этапа) или 105 (для второго) евро на члена экипажа или его дублера в день, а ведь нужно учесть еще затраты на работу всего персонала и оборудования испытательного центра.

На первом этапе, который должен пройти в первой половине 2008 года, участники эксперимента проведут в замкнутом пространстве модели межпланетного корабля 105 дней. Это будет имитация отлета от Земли. Второй этап — длительностью 520 дней и уже с другим экипажем соответствует ориентировочному времени полета на Марс и возвращения на Землю. Однако прежде чем рассказывать о содержании эксперимента, посмотрим, из каких этапов состоит экспедиция на Марс.

## Семь шагов к Марсу

«В любых длительных орбитальных полетах различают три основных этапа. Сначала идет этап освоения нового жизненного пространства. Затем наступает относительная стабилизация. В конце экспедиции происходит всплеск активности перед ее завершением и ожидание возвращения домой. Обязательный этап — медицинская и социально-психологическая реабилитация после возвращения космонавтов на Землю», — говорит кандидат биологических наук А.Н.Потапов, ведущий научный сотрудник Института медико-биологических проблем РАН, один из авторов концепции экспедиции на Марс.

Как рассказывают космонавты, летавшие на станции «Мир», обстановку в космосе нельзя назвать психологически комфортной. Есть постоянное ощущение, что за

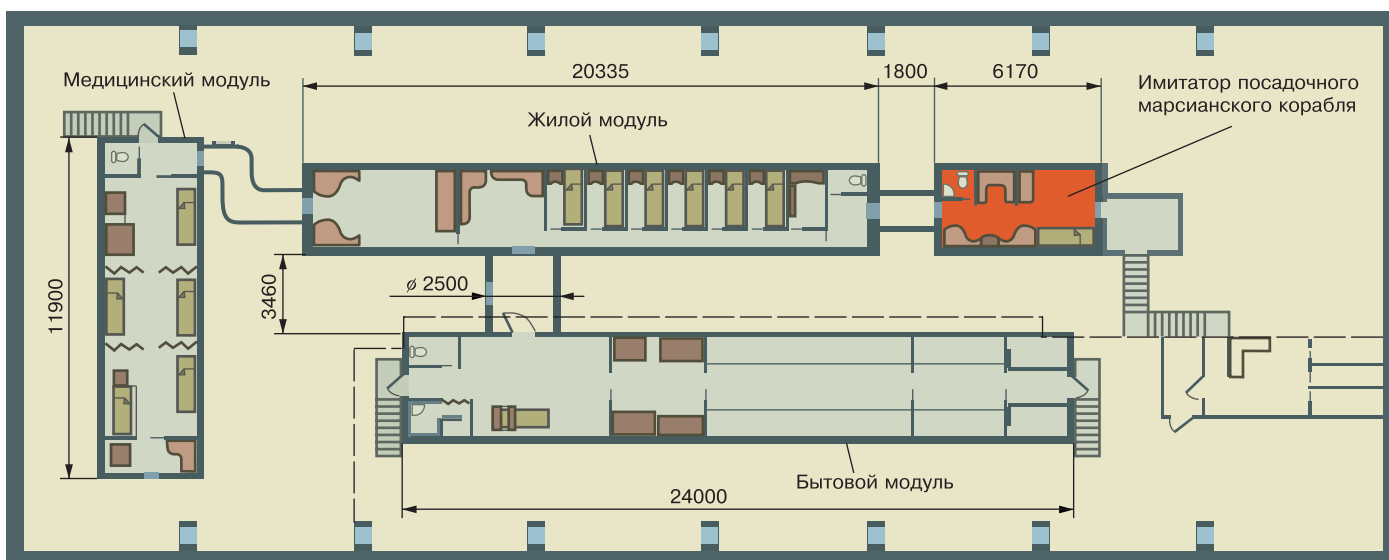


Схема станции, на которой будет проходить эксперимент «Марс-500»

тонкой стенкой – абсолютно враждебная по отношению к человеку среда, вакуум. И это на станции, которая расположена очень близко к Земле, фактически в верхних слоях атмосферы и под защитой радиационных поясов. Что уж тут говорить о межпланетном полете в абсолютной пустоте, сквозь которую летят опаснейшие потоки быстрых частиц, как от родного Солнца, так и из глубин Галактики. И никакой спасательный корабль не прилетит на помощь. Человек на борту межпланетного корабля осознает эти опасности, поэтому медики столько внимания уделяют его психологической адаптации к столь непростым условиям.

Вторая беда, которая поджидает участников экспедиции, – длительная невесомость. Одно дело, если бы им надо было долететь до околомарсианской орбиты, провести там эксперименты и вернуться назад. И совсем другое – высадка на Марс. Когда космонавты возвращаются из длительного орбитального полета на Землю, их ждут медики с лекарствами и центры реабилитации. На Марсе же людям никто не поможет быстро адаптироваться к действию силы тяжести, даже если она и существенно меньше земной.

В связи с этим, экспедиция на Марс будет состоять из семи этапов. Первый – то самое освоение нового жизненного пространства, когда космонавты станут привыкать к невесомости, новому для них ритму труда и отдыха, приступят к работам на борту и наладят взаимодействие с Центром управления полетом. Спустя месяц-полтора жизнь стабилизируется. Космонавты адаптируются и к отсутствию силы тяжести, и к жизни в тесном корабле, к повышенным дозам излучения и к отсутствию магнитного поля. Входят в рабочий ритм и в положенный срок добираются до орбиты Марса.

Тут наступает сложный этап подготовки к выходу на орбиту вокруг Марса. При этом нарастает психоэмоциональное напряжение, которое связано с ожиданием сближения с планетой. Чтобы благополучно пережить этот этап, медики рекомендуют снизить рабочие нагрузки, усилить психологическую поддержку и усилить тренировки: ведь в скором времени космонавтам придется отделиться от корабля посадочный модуль и совершить на нем посадку на Марс. Кроме того, с помощью центрифуги их нужно постепенно приучать к марсианской силе тяжести.

Посадка и пребывание на планете – самый ответственный и напряженный этап экспедиции. Космонавтам предстоит быстро адаптироваться к условиям Марса и начать работу. Поначалу медики ожидают нарушения устойчивости и другие расстройства организма, знакомые им по этапам перехода от невесомости к силе тяжести во время околоземных полетов. Пристальное внимание следует уделять радиационному контролю: ведь в отсутствие магнитного поля и плотной атмосферы поверхность Марса открыта действию опасных космических лучей, солнечного ветра и ультрафиолетового излучения, а космонавты окажутся без той мощной защиты, которую обеспечивал им космический корабль во время полета. Кроме того, космонавтам нужно принять все меры, чтобы избежать загрязнения Марса земными организмами, а Земли – гипотетическими марсианскими. Эти меры сформулированы в рекомендациях Международного комитета по исследованию космического пространства (КОСПАР).

После завершения основной программы экспедиции космонавты будут сильно утомлены. Поэтому в начале обратного полета им потребуются эффективная психологическая поддержка, медикаменты и занятия на центрифуге.

Обычно за 2–4 недели до посадки начинается активация жизнедеятельности перед завершением полета. У космонавтов возникает установка на возвращение домой, которая может привести как к оптимизму, так и к нарастанию тревожности. В этот период необходимы профилактические мероприятия и подготовка к земной гравитации.

А после завершения полета космонавтам потребуются восстановительное лечение и, возможно, психологическая поддержка в течение всей жизни. Впрочем, о том, что обычно ожидает первопроходцев космоса на Земле, всем известно из книг писателей-фантастов.

## Корабль на Земле

Примерно эти этапы и предстоит пройти участникам эксперимента. Сколько человек полетят на Марс? Есть разные мнения, но психологи уверены, что не меньше шести. Это командир корабля, второй пилот (пилот спускаемого на планету модуля), бортинженер, врач и два научных работника. Почему два? «Им придется выходить на планету и вести там научные изыскания, а одного человека высаживать на планету очень рискованно».

но. Мы не знаем, что его ждет. Если полетят пять или четыре человека, то риск повышается», — объясняет С.И.Степанова из ИМБП РАН.

Такая же структура экипажа должна быть и во время наземного моделирования полета. Шесть участников эксперимента в возрасте от 25 до 50 лет испытают все прелести марсианского полета за исключением невесомости: испытатели будут так же ограничены в жизненных ресурсах, как реальные космонавты. Окружающая среда — максимально приближена к условиям космического корабля, в том числе теснота, газовый состав, атмосферное давление, температура, влажность и уровень шума.

Все решения экипажу придется принимать самостоятельно, без помощи «Земли». Связь с «Землей», конечно, будет обеспечена, но сигнал станет проходить с временной задержкой, как в космосе. На специальных мониторах будет симитирован полет, командир сумеет пилотировать корабль, изменять траекторию движения, по всем правилам осуществлять отделение взлетно-посадочного модуля, стыковку и прочее. Врач должен будет постоянно наблюдать за состоянием экипажа, обеспечивать медицинские процедуры, оказывать первую помощь. Конечно, при серьезных угрозах жизни и здоровью испытателей, «Земля» вмешается, и человек выйдет из эксперимента. Но его работу будут выполнять остальные члены экипажа.

Даже посадка на Марс будет имитирована. Для этого предназначен специальный отсек, куда выйдут только те члены экипажа, кому предназначено оставить следы на пыльных тропинках искусственного Марса. В этом отсеке сделают специальный грунт, похожий на тот, что покрывает Красную планету, а испытатели будут передвигаться по нему в скафандрах.

520-суточный полет будет включать несколько основных этапов. 2–50 сутки — «полет по спиральной траектории в поле тяготения Земли»; 51–200 сутки — «полет по гелиоцентрической орбите до окрестности Марса»; 201–246 сутки — «полет по спиральной траектории в поле тяготения Марса»; 247–278 сутки — «полет по околомарсианской орбите со спуском взлетно-посадочного модуля на поверхность планеты и возвращением на корабль»; в этот период трем испытателям, которые «высадутся на Марс», предстоит сначала в течение трех недель пройти через так называемую антигравитационную гипокинезию (положение лежа с ногами, поднятыми выше головы на угол 5 градусов) — это модель состояния человека в невесомости, а затем испытать возвращение гравитации «на поверхности Марса»; 279–319 сутки — снова «полет по спиральной траектории в поле тяготения Марса», но уже начиная возвращение к Земле; 320–470 сутки — «полет по направлению к Земле»; 471–520 сутки — «полет в поле тяготения Земли» — возвращение.

## Экипаж

«Экипаж, который полетит к Марсу, может быть только международным, — сказал на научном кафе, организованном фондом «Династия» и агентством «ИнформНаука», директор ИМБП РАН академик А.И.Григорьев. — Это придаст экспедиции особую специфику, ведь представители разных народов даже улыбаются по-разному. Наш обширный опыт пилотируемых полетов на орбитальных станциях показывает, что различие образа мыслей, культуры, обычаев людей разных национальностей ни в коем случае нельзя игнорировать, если этим людям придется



долгое время находиться и сотрудничать в замкнутом пространстве. Поэтому мы постарались сделать проект «Марс-500» международным. Экипаж будет состоять из четырех наших соотечественников и двух представителей Европейского космического агентства».

«Прием заявлений на участие к эксперименте мы закончили 30 сентября 2007 года, причем число желающих превысило пять тысяч человек!» — рассказывает представитель Европейского космического агентства Елена Файтингер. — Сейчас идет обработка этих заявлений, и для участия будут отобраны кандидаты, предложившие самые интересные исследовательские проекты, которые они будут осуществлять во время эксперимента».

По мнению космонавтов, долгие месяцы проводивших в космосе на орбитальных станциях, основной трудностью экспедиции будет очень длительный монотонный полет, условия жизни и общения людей, сильно отличающиеся от земных, несовершенство систем питания и водоснабжения. Несомненно, возникнут трудности, связанные с разницей в менталитетах представителей разных культур.

Чтобы разнообразить полет, необходимо взять на борт музыкальные произведения, фотографии друзей и семьи, фильмы, книги и произведения искусства. Очень важно устраивать время от времени сеансы связи с близкими людьми, просматривать программы новостей об основных событиях на Земле, организовывать отдых участников экспедиции. Главное же в том, что все участники экспедиции, а равно и участники наземного эксперимента, весь полет будут заниматься научной работой, обслуживать системы и готовиться к управлению спускаемым модулем. «Длительный полет — отличное время для научной работы. Например, Владимир Поляков, пробывший в космосе рекордное время, почти полтора года, сумел написать половину докторской диссертации», — говорит А.И.Григорьев. Для дополнительной психологической разгрузки на борту установят оранжереи, которые работали на борту орбитальных станций. Как показывает опыт полетов, уход за растениями очень хорошо помогает космонавтам пережить разлуку с Землей.

Предполагается, что в состав экипажа «Марса-500» войдут четверо мужчин и две женщины. «Я принимал участие в подобных экспериментах, — рассказывает летчик-космонавт, директор мандатной комиссии эксперимента доктор медицинских наук Б.В.Моруков. — Могу сказать, что жизнь в таком смешанном экипаже порой бывает легче, а порой труднее, чем в чисто мужском. С другой стороны, есть вполне успешный опыт полетов смешанных экипажей на борту орбитальных станций. Поэтому окончательное решение о составе реальной экспедиции на Марс будет принято после наших экспериментов». С учетом того, что экипажи делятся на основной и дублирующий, в первых двух этапах примет учас-

тие более двадцати человек. Дублеры будут работать в центре управления экспериментом и помогать решать возникающие на борту проблемы — они прошли такую же подготовку, как и основные участники, поэтому лучше всех способны понять, что и где не заладилось.

Эксперимент «Марс-500» — отнюдь не первое исследование такого рода. Например, в 1991–1993 годах прошел американский эксперимент «Биосфера-2», когда восемь человек жили в замкнутом поселении в аризонской пустыне. «Я видел этих людей после завершения эксперимента. По ним было заметно, что они пережили серьезное потрясение», — вспоминает академик А.И.Григорьев. В ИМБП в 1999–2000 годах прошел эксперимент «Сфинкс» по имитации полета международного экипажа на МКС. Сейчас же никто не проводит экспериментов, подобных «Марсу-500», более того, другие страны проявляют к нему самый живой интерес. Правда, НАСА, в отличие от ЕКА, пока что о своем интересе не заявило.

## Биосфера-2

Эксперименты с добровольным заточением — не новость. Они начались вместе с космической эрой. Тогда, на волне энтузиазма, возникло представление, что межпланетные полеты — дело совсем недалекого будущего; не пройдет и двух десятков лет, как человек создаст поселения на Луне и на Марсе и сбудется мечта основоположников космонавтики о выходе человечества из колыбели. А поскольку мечта так и останется мечтой, если не превратить ее в реальные проекты, понадобилось выяснить, как человек будет жить в инопланетных поселениях и что эти поселения будут собой представлять. Главная цель опытов, которые начались в середине шестидесятых годов, — создание устойчивой искусственной среды обитания в этих поселениях. То есть их жители должны полностью обеспечивать себя воздухом, водой и большей частью продуктами.

Для регенерации воды и воздуха можно приспособить одноклеточные водоросли. Более того, некоторые из них можно превратить и в продукт питания. Наилучшим кандидатом оказалась хлорелла, которая и стала героиней многочисленных статей, а потом научно-фантастических книг о межпланетных и межзвездных путешествиях.

Первые опыты с замкнутой средой обитания, в которой хлорелла регенерировала воздух, поставили в Москве, в Институте медико-биологических проблем, и в Красноярске, в Институте биофизики им. Л.В.Кириенского. Первым сутки наедине с хлореллой в 1961 году провел Е.Я.Шепелев в ИМБП. Продолжение последовало через несколько лет, когда три ученых уединились в камере, где хлорелла обеспечивала регенерацию не только воздуха, но и воды, и поставляла значительную долю продуктов питания (см. «Химию и жизнь», 1968, № 8; 1974, № 5). Самый длительный эксперимент такого рода продолжался 180 дней в Красноярске на установке «Биос-3».

Опыт показал, что на самом деле с хлореллой не все просто. Она вырабатывает слишком много кислорода, если считать на поглощенный углекислый газ. Иными словами, человеку надо либо выделять меньше углекислого газа, либо питаться более жирной пищей, для окисления которой потребуется больше кислорода. В общем, достичь баланса нелегко, поэтому построить на основе хлореллы замкнутую биосферу, пригодную для проживания человека, не удалось. Нужны более разнообразные системы. Не исключено, что по этой причине система жизнеобеспечения на орбитальных станциях по сей день обходится без



2

Так «Биосферы-2» выглядела во время проведения эксперимента



3

Схема комплекса «Биосфера-2»

живых организмов: воду и воздух регенерируют химическими методами. А по мнению Е.Я.Шепелева использовать хлореллу в пищу можно лишь один раз в день.

Грандиозную замкнутую систему в 1984 году начали создавать американские ученые из Института экотехники под руководством Джона Алена. Прежде чем приступить к проектированию, было проведено несколько международных конференций, авторы проекта долго консультировались с лидерами исследований жизни в заточении — советскими учеными, прежде всего с академиком О.Г.Газенко, который тогда возглавлял Институт медико-биологических проблем, Е.Я.Шепелевым и И.И.Гительзоном, руководителем красноярских экспериментов серии «Биос-3» в 1972–1984 годах.

Для проведения эксперимента Алэн с коллегами на деньги частного предприятия «Спейс биосферс венчерс» купили ферму в Аризоне, и в 1985 году началась работа по созданию главной станции и испытательных модулей. Землю под ними залили толстым слоем бетона и накрыли прозрачным герметичным сводом, то есть изолировали «Биосферу-2» от внешнего мира. Общая площадь постройки составила 1,28 га, а объем — 180 тыс. м<sup>3</sup>. В одном крыле расположены сельхозугодья, в другом — область дикой природы. Они отделены друг от друга специальными экранами, чтобы летающие насекомые не перемещались между крыльями. В сельскохозяйственной области площадью в двадцать соток поместились и рисовые чеки, в которых разводили рыбу, и тропический сад, и поля с зерновыми и кормовыми растениями, и овощные грядки. Там же обитали цыплята, козы, свиньи. Они обеспечивали участников экспериментов всем необходимым питанием, благо те взяли с собой продуктов только на три месяца. Несъедобная часть урожая превращалась в компост, а водные растения лагуны перерабатывали стоки. Полученным илом потом удобряли поля.

Крыло дикой природы размером 165 на 30–40 метров разбили на пять площадок, где устроили пять биогеоценозов от влажного тропического леса до прибрежной пу-



Сельскохозяйственные угодья в «Биосфере-2»



Пшеница созрела



Биосферная пустыня



Один из руководителей проекта Марк Нельсон в биосферных манграх

Биосферный океан



Кусочек тропического леса



## ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

стыни. Есть в «Биосфере-2» и болота, как пресноводные, так и соленые, и ручей, и озера, и даже океан с коралловым рифом. Все эти области оказались сведены воедино отнюдь не по прихоти экспериментаторов. Дело в том, что в условиях Аризоны пик жизнедеятельности разных растений приходится на разные времена года. А от этого самым прямым образом зависят утилизация углекислого газа и наполнение биосферы кислородом: если у всех растений разом снизится мощность фотосинтеза, можно задохнуться в прямом смысле этого слова. Разные типы растительности позволили растянуть эффективный фотосинтез по всему году: летом основной вклад давали тропические леса, зимой — область пустынь. Водные же системы были предназначены для постепенного разложения отходов жизнедеятельности.

Чтобы заселить биосферу, привезли кусочек настоящего болота из Флориды, налили воду с кораллами из Карибского моря, кактусы доставили из Калифорнии, кустарники с Мадагаскара и из Мексики, деревья из Австралии, Южной Америки и Африки. Общий вес грунта составил 28 тысяч тонн, вес атмосферы — 180 тонн, объем воды — 4,5 тысячи кубометров. Вес четырех тысяч живых существ — 20 тонн. Работы по завозу грунта вместе с его исконными обитателями, посадке растений, запуску насекомых, животных, рыб и птиц и прочему устройству станции заняли примерно два года, и к сентябрю 1991 года станция была готова к заселению людей. Они заняли место высших хищников и стали приводить систему в гармонию. А это было крайне необходимо. Уже на этапе проектирования было решено заселить искусственный мир избыточным количеством видов, с тем чтобы дарвиновский отбор позволил сбалансировать экосистему за счет выживания сильнейших. Так и получилось — сразу после создания биосферы вымерли большинство видов летающих насекомых, два вида колибри и один вид кораллов. Люди же заметили, что омары и крупные рыбы-попугаи могут полностью разрушить пищевую цепь в океане, и этих животных, так сказать, отбраковали. А вот справиться с нашествием тараканов и муравьев не уда-

лось, и эти насекомые здорово портили посевы.

Участники эксперимента провели в заточении два года и получили бесценный опыт, который, несомненно, учтут последующие создатели замкнутых систем. Главный вывод такой: человек в состоянии построить замкнутую систему, которая при должном контроле за температурой и составом воздуха сможет быть устойчивой. Эта система способна накормить восемь человек продуктами, причем им хватает площади в двадцать соток. Такое питание, отличающееся низкой калорийностью (а участникам эксперимента пришлось довольствоваться 2000 калориями в день, что на 20% ниже нормы), пойдет им на пользу — лишний вес исчезнет, а содержание холестерина, лейкоцитов в крови и ее артериальное давление снизится. В общем, старение замедлится. Впрочем, этому, наверное, способствует и уменьшение кислорода. Дело в том, что в течение всех двух лет его содержание в биосфере стабильно падало до тех пор, пока к концу июля 1992 года не опустилось с 20,94% до 16,4% — а это уже опасно для жизни. Тогда в биосферу добавили немного кислорода. Возможной причиной были ошибки в расчете скорости гниения отходов, на которое и затрачивалось слишком много  $O_2$ . Впрочем, эту проблему удалось решить, ускорив фотосинтез с помощью искусственного освещения.

Сейчас ученые из той же группы заняты проведением опытов, которые позволят подготовиться к заселению Марса. В закрытой емкости, сделанной из огромной бочки, они выращивают различные растения при искусственном освещении. Цель — подобрать условия для марсианской станции. В частности, они выращивали пшеницу четвертого поколения из семян, урожай которых был собран на станции «Мир». Сама «Биосфера-2» сейчас заброшена, стекла за годы пришли в негодность, потрескались, однако жизнь внутри нее развивается. Ведь все было задумано на сто лет.

