

НОВОЕ
В ЖИЗНИ, НАУКЕ,
ТЕХНИКЕ

ЗНАНИЕ

9/1973

СЕРИЯ
КОСМОНАВТИКА, АСТРОНОМИЯ

Н.Н. Рукавишников
Г.И. Морозов
КОСМОНАВТ-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬ



Н. Н. Рукавишников,

летчик-космонавт СССР

Г. И. Морозов,

кандидат технических наук

КОСМОНАВТ — ИССЛЕДОВАТЕЛЬ

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»
Москва 1973

6Т6
Р84

**Рукавишников Николай Николаевич,
Морозов Генрих Иванович**

Р84 Космонавт-исследователь. М., «Знание», 1973.
64 с. (Новое в жизни, науке, технике. Серия «Космонавтика,
астрономия», 9).

В брошюре в популярной форме рассказывается об исследованиях, проводимых космонавтами на борту космических кораблей. Описываются возможности, открывающиеся перед наукой в связи с проведением экспериментов непосредственно в космическом пространстве, рассказывается о некоторых интересных результатах, уже полученных во время полетов космонавтов. Подробно рассказывается об особенностях профессии космонавта, о подготовке к полету. Кратко описаны пути развития пилотируемой космической техники в будущем.

Брошюра рассчитана на широкий круг читателей, интересующихся проблемами полета человека в космос.

2-6-5

6Т6

© Издательство «Знание», 1973 г.

Введение

Космические исследования и освоение космического пространства имеют общечеловеческое значение. Космонавтика в наши дни не только новая отрасль науки, она решительно входит в жизнь каждого человека как яркое проявление неисчерпаемых возможностей человеческого разума.

Искусственные спутники Земли сейчас надежно служат народному хозяйству — собирают и передают на Землю метеорологическую информацию, необходимую для составления долгосрочных прогнозов погоды; следят за явлениями на Солнце и предупреждают о неблагоприятных последствиях этих явлений;

обеспечивают глобальную связь и сверхдальние телепередачи; помогают поискам полезных ископаемых, обнаружению лесных пожаров и т. д.

Космические аппараты, совершающие полеты к Луне, Марсу и Венере, расширили возможности научных исследований Солнечной системы, дополнив прежние методы изучения принципиально новым — методом непосредственного изучения вещества планет. Уже получены новые данные об условиях на поверхности Луны, Венеры, Марса, уточнены физические и химические характеристики лунного грунта, атмосферы Марса и Венеры, околоземного и окололунного космического пространства. Постепенно возрастает и углубляется влияние космонавтики на производство. Современная промышленность претерпевает серьезную перестройку в связи с созданием такой сложной техники, как космические аппараты и оборудование, размещаемое на них.

Велико благотворное влияние космонавтики и на такие сферы общественной деятельности, как здравоохранение, просвещение, культура. В медицине с успехом могут и уже начинают применяться высокосоввершенные средства врачебного контроля за состоянием человека, разработанные для экипажей пилотируемых космических кораблей. Нет сомнения, что огромную роль в предупреждении болезней будет играть новое направление, возникшее в космической медицине, — прогнозирование состояния организма здорового человека на несколько недель и даже месяцев вперед.

В просвещении, особенно в системе профессионально-технического образования и отбора, может эффективно использоваться опыт применения разнообразных тренажеров, пультов и стендов, накопленный при подготовке космонавтов к полету.

Особенно разнообразны и плодотворны исследования, проводимые на пилотируемых космических кораблях и станциях. Этому способствуют как благоприятные условия осуществления таких исследований (современная пилотируемая космическая техника позволяет устанавливать на ней наиболее совершенную научную аппаратуру и оборудование, обладающие повышенной информативностью, точностью и надежностью), так и участие в экспериментах высококвалифицированных специалистов: космонавтов-исследователей. Человек своей деятельностью обеспечивает и высокую надежность техники, и наивысшие достижения в новых направлениях науки и практики. Одним из таких направлений сейчас стала космонавтика. Поэтому резко возрос интерес к космическим исследованиям самых широких масс населения, а профессия космонавта стала одной из самых популярных, привлекая к себе пристальное внимание многих людей, особенно молодежи. Вместе с тем об особенностях работы космонавтов, об условиях их деятельности в космосе широкому читателю известно сравнительно мало.

В последнее время сфера деятельности космонавтов во время космического полета резко расширилась. Это объясняется во многом тем обстоятельством, что сейчас все большее число отраслей науки и народного хозяйства выдвигают предложения о постановке космических экспериментов на пилотируемых кораблях. При этом, поскольку многие эксперименты выполняются впервые, в программах полета космонавтов значительное место уделяется вопросам отработки методики их проведения — процессу в большой степени творческому. А так как вообще сейчас полет в космос каждого экипажа открывает новую страницу в освоении космического пространства, космонавтам часто приходится решать новые, порой самые неожиданные задачи, принимая самостоятельно решения, не предусмотренные программой полета. Поэтому деятельность космонавтов очень своеобразна, в ней, может быть, более, чем в какой-либо другой, будничное переплетается с героическим, привычные, хорошо отработанные операции — с совершенно необычными, не встречавшимися ранее действиями. Естественно, что при отборе и подготовке космонавтов важную роль играют их личные качества, постоянная готовность к самостоятельной работе, способность принимать решения в самых неожиданных ситуациях, при дефиците времени, в сложной обстановке.

О специфике работы космонавтов хорошо сказал летчик-космонавт, кандидат технических наук В. И. Севастьянов: «Профессия космонавта сегодня обязательно имеет две стороны. Космонавт должен быть испытателем, то есть в полете он обязан контролировать работу и проводить испытания самого космического корабля и его бортовых систем для обеспечения будущего развития космической техники, и в то же время он должен быть исследователем, чтобы доставить ценную информацию об окружающем космическом пространстве, атмосфере и поверхности Земли» [1].

Действительно, космонавт по характеру своей работы — всегда испытатель, всегда исследователь. Запуск каждого советского космического корабля связан с началом нового этапа в исследовании космоса, различаются лишь конкретные задачи, возлагаемые на экипаж, их число и содержание. Иногда в программе полета обозначена одна центральная задача, решение которой означает выход космической науки и техники на качественно новую ступень.

Таковыми были: полет первого человека в космос, первый выход человека из корабля в открытый космос, первый групповой полет на корабле «Восход-1», первая стыковка пилотируемых космических кораблей и т. д. Но в каждом полете космонавты решали большое число всевозможных более частных проблем. Со временем их количество и разнообразие все увеличивалось, потребовалось создание многоместных кораблей и долговременных орбитальных станций. Однако в программе каждого пилотируемого корабля

одна черта оставалась неизменной — космонавты должны были решать проблемы впервые, перед ними ставились задачи, не выполнявшиеся до них еще никем. И находить решение этих новых, не изведанных никем вопросов требовалось самостоятельно, творчески, с учетом меняющихся условий работы, т. е. на первый план в работе космонавтов выдвигается исследовательская деятельность, изучение неизвестного.

Даже такие «обыденные» процессы, как принятие пищи, выполнение физических упражнений и гигиенических процедур, для космонавта это исследование новых режимов, новых продуктов питания, новой техники. То же самое относится и к обслуживанию бортовых систем космического корабля. Космическая техника непрерывно совершенствуется, и иногда космонавт, изучив в качестве дублера один вид оборудования, работает впоследствии при самостоятельном полете на другом оборудовании, имея задачу — исследовать его качество, удобство в эксплуатации и надежность.

В нашей брошюре мы попытаемся рассказать о содержании исследовательских работ, проводимых космонавтами в полете, о важнейших направлениях исследований, выполняемых на борту пилотируемых космических кораблей, т. е. о тех видах деятельности, которые в наши дни в значительной степени определяют профессию космонавта.

Исследования на пилотируемых космических кораблях

Все задачи, решение которых может быть достигнуто с помощью пилотируемых космических кораблей, трудно даже просто перечислить — такое множество вопросов ждет своего решения в космосе. Для удобства анализа при составлении программ полета все работы экипажа делят на несколько групп:

- научные задачи;
- задачи, решаемые в интересах народного хозяйства;
- задачи по испытанию различных систем космической техники;
- задачи контроля, управления и обслуживания бортовых систем;
- работы по самообслуживанию.

При составлении программ деятельности экипажей во время полета производится сравнение относительной важности различных видов работ космонавтов с оценкой предполагаемого научного или экономического эффекта, получаемого от решения тех или иных задач. Разумеется, общего рецепта, позволяющего однозначно составить оптимальную программу, не существует. Однако можно сформулировать определенные принципы, использование которых при разработке проектов новой космической техники позволит получить от полетов человека в космос наилучшие результаты за какой-нибудь более менее значительный отрезок времени (скажем, за 10 или 20 лет).

Эти принципы заключаются в следующем:

- последовательное и планомерное решение основных проблем космонавтики (таких, как выявление законов превращения энергии и других форм материи во Вселенной; исследование происхождения и эволюции галактик, звезд, планет; обнаружение внеземных форм жизни, исследование условий существования земных форм жизни в космосе и на небесных телах и т. п.);

- создание научных и технических основ для последующих работ в космосе (разработка совершенных космических кораблей и долговременных станций, развитие энергетических средств, обеспечивающих полеты в дальний космос, создание долговременных систем жизнеобеспечения различной степени автономности и др.);

- обеспечение преемственности работ в космосе от одного проекта космического корабля к другому;

- решение в первую очередь проблем по отработке новой космической техники (многочисленных орбитальных станций, пилотируемых кораблей для межпланетных экспедиций, перспективных ракет-носителей, высокосоввершенных бортовых систем, кораблей многоцелевого применения и т. д.) и народнохозяйственных проблем, позволяющих принести наибольший экономический эффект уже сейчас (метеорологических задач для уточнения долгосрочных прогнозов погоды, океанологических проблем, связанных с развитием морского рыболовства, задач сельского и лесного хозяйства и т. д.). На начальном этапе развития космической техники наиболее важное значение имеют испытания новых образцов систем и оборудования космических кораблей и решение медико-биологических проблем при полете человека в космос. Пилотируемый космический корабль и его бортовые системы — необычайно сложные и совершенные устройства с очень разнообразной и разветвленной деятельностью, осуществляемой в необычных условиях космического пространства, которые крайне сложно или вообще невозможно воспроизвести на Земле. Поэтому многие технические решения, схемы и процессы, предусматриваемые конструкторами космических кораблей, могут быть окончательно проверены только после всестороннего испытания в реальных условиях космического полета. Очевидно, что наиболее тщательно и достоверно такое испытание может быть проведено человеком — специалистом по соответствующим системам. Испытание новой техники является также важным этапом создания будущих совершенных и надежных космических систем, предназначенных для предстоящих длительных космических полетов — в составе долговременных орбитальных станций или для экспедиций к другим планетам.

Среди медицинских исследований на первых порах основными были: установление принципиальной возможности жизнедеятельности и активной работоспособности человека в космосе, определение наилучших условий в герметической кабине и создание рациональных средств контроля за состоянием здоровья космонавтов. Эти задачи сейчас успешно решены, и на первый план в медицинском обеспечении космических полетов человека выдвигается проблема определения предельных возможностей адаптации (приспособления) человеческого организма к условиям невесомости и к повторному воздействию земной гравитации после возвращения из космоса.

Намечаемое в ближайшем будущем создание долговременных орбитальных пилотируемых баз-станций означает начало этапа осуществления длительных программ научных исследований в условиях космического пространства. Среди научных задач, возлагаемых на экипаж орбитальной базы, можно выделить две большие группы. В первую группу входят задачи, связанные с наблюдениями за Землей и небесными телами в областях спектра, недоступных в наземных исследованиях. Ко второй группе относятся задачи, решение которых, по существу, расширяет возможности наземных научных лабораторий. Это — исследование свойств материалов в условиях космического пространства (невесомость, сверхглубокий вакуум, интенсивная радиация); изучение технологических процессов соединения материалов (сварка, склеивание, скрепление за счет диффузии в твердой фазе); исследование процессов взаимодействия элементарных частиц сверхвысоких энергий; использование космических условий для лечебных медицинских целей и т. д.

Существуют также проблемы, связанные с наиболее рациональным и экономичным размещением на долговременных пилотируемых станциях научной аппаратуры, с унификацией ее элементов и систем, с созданием методов наиболее эффективной эксплуатации станций в интересах науки и народного хозяйства.

Человек и автоматика в космосе

Один из наиболее дискуссионных вопросов в современной космонавтике — о необходимости непосредственного участия людей в космических исследованиях и о распределении задач между пилотируемыми и автоматическими системами. Существуют различные мнения и подходы к решению этого вопроса. Шведский ученый, лауреат Нобелевской премии Х. Альвен высказал суждение [2], что если бы единственной целью космических полетов были научные наблюдения, то рано или поздно все задачи космонавтики стали бы решаться автоматическими средствами.

Однако полет человека в космос включает в себе множество важных аспектов. Помимо сбора научной информации, такой полет представляет собой качественно новый этап в развитии человечества, в овладении силами природы. С одной стороны, выход в космос позволяет людям не только решать сложные проблемы, поставленные земной наукой, но и делать новые открытия, выявлять новые научные проблемы. С другой стороны, проникновение человека в космос есть лишь шаг на пути к его заселению и освоению, о чем очень убедительно говорил еще К. Э. Циолковский.

Преимущества человека-исследователя перед автоматическими приборами и роботами очевидны. Человек обладает способностью глубокого анализа, он может быстро и качественно отобрать из большого потока информации наиболее ценную и, самое важное, может ориентироваться в незнакомой обстановке, принимать решения, основываясь не только на информации, поступающей во время полета, и заданной программе работ, как это делает автомат, но и на своих индивидуальных знаниях и опыте, как специальном научном, так и общем жизненном.

Известный советский ученый член-корреспондент АН СССР К. Я. Кондратьев, интенсивно изучающий проблему анализа научной информации, получаемой из космоса от автоматических ИСЗ и с помощью экипажей орбитальных космических кораблей, отмечает, что при проведении космических исследований ряд обстоятельств делает необходимым участие человека и потребует включения в экипажи будущих орбитальных станций космонавтов-специалистов различных научных и технических направлений. К таким обстоятельствам К. Я. Кондратьев совершенно справедливо относит:

1. Необходимость сознательного выбора объектов исследования. Специалист по запросу с Земли или самостоятельно может принять решение о таком выборе, что особенно ценно для повышения точности и оперативности работы.
2. Возможность обеспечения наиболее удобных условий съемки наземных объектов.
3. Возможность испытания, проверки, регулирования, а также ремонта сложной научной аппаратуры [3].

Существует значительное число экспериментов и различных работ в космосе, для выполнения которых человек совершенно необходим. Таковы, например, медицинские исследования, которые без человека практически невозможны, широкий круг психологических исследований различного вида. Невозможны без человека эксперименты по инженерной психологии, отработка систем и методов ручного управления. К этой же группе относятся эксперименты по визуальной навигации с использованием небесных светил.

Практически невозможно себе представить без участия человека ремонт отказавшего оборудования на борту космического корабля — замену или восстановление испорченных деталей и блоков, а также работы на наружной поверхности корабля, связанные с выходом в космос.

В ряде случаев принципиально возможные в автоматическом режиме исследования приобретают при участии человека качественно новое звучание, так как опытный исследователь выделяет наиболее важную информацию, в то время как автомат регистрирует все, что попадает в его «поле зрения». К таким работам относятся наблюдения за верхними слоями земной атмосферы, различными малоизученными районами земной поверхности. Очень ценно участие специалистов в настройке и отладке исследовательской аппаратуры, связанных с поиском оптимальных режимов ее работы, подбором всевозможных сменных приставок и т. п. Настроенная специалистами аппаратура в дальнейшем может успешно использоваться в автоматическом режиме, но для ее наладки человек очень полезен. К числу отрицательных сторон использования космонавтов для различных работ в космосе следует отнести определенные трудности и дополнительные проблемы, которые при запуске автоматов не возникают. Это, прежде всего обеспечение необходимых условий для нормальной жизнедеятельности и высокой работоспособности человека на борту космического корабля.

Одним из важных условий эффективной деятельности человека как на Земле, так и в космосе является наличие определенного довольно значительного свободного пространства для проведения рабочих операций, отдыха и т. д. Так, на первых советских космических кораблях «Восток» свободный объем составлял 5 м³, на кораблях «Союз» — 15 м³, а на многоместной орбитальной станции «Салют» — около 100 м³. Аналогичны объемы и у американских пилотируемых кораблей: на аппарате «Меркурий» — 3 м³, «Джемини» — 10 м³, «Аполлон» — 20 м³.

Естественно, что пилотируемые космические корабли (КК) по своим размерам существенно больше автоматических аппаратов и соответственно имеют значительно большие веса. К весу пилотируемых КК еще добавляется вес специальных систем жизнеобеспечения, предназначенных для снабжения космонавтов кислородом, питьевой и санитарно-гигиенической водой и пищей, а также удаления и утилизации разнообразных отходов жизнедеятельности экипажа. Как известно, человек среднего веса около 70 кг потребляет в сутки примерно 600 л кислорода, 600—800 г сухой пищи и 2—2,5 л воды для питья. Кроме того, в длительном космическом полете человеку требуется 5—10 л воды для санитарно-гигиенических нужд. В процессе жизнедеятельности человек выделяет около 500 л углекислого газа, 2,5—3 л воды (пот и др.) и 100—200 г твердых отходов.

Существует большое число возможных схем организации систем жизнеобеспечения. Простейшая схема — использование запасов воды, пищи и кислорода в чистом или химически связанном виде, а также сбор и складирование отходов. Главным недостатком такой схемы является прямая зависимость веса систем от длительности полетов, так что уже примерно для 30-суточного полета вес такой системы жизнеобеспечения превышает вес экипажа. Более совершенные схемы предусматривают восстановление (регенерацию) части исходных продуктов, потребляемых человеком (кислород, вода) из его выделений. Для таких систем требуются сравнительно небольшие запасы веществ, но собственный вес систем довольно большой из-за сложного устройства, поэтому при кратковременных полетах их вес даже больше, чем вес систем на запасах. Регенеративные системы различной степени замкнутости выгодно будет применять в будущем на космических кораблях, предназначенных для длительных полетов в течение нескольких месяцев и лет.

Выбор той или иной схемы системы жизнеобеспечения составляет содержание проектной задачи, решаемой конструкторами при разработке космического корабля. Во всяком случае, при любой схеме системы жизнеобеспечения для космического полета человека необходимы значительные весовые затраты.

Поскольку стоимость разработки и запуска тяжелых пилотируемых КК в настоящее время еще довольно высока, ясно, что очень частое их применение экономически невыгодно. К тому же для решения ряда задач использование пилотируемых КК не только не имеет преимуществ, но и просто невозможно. Например, для изучения околосолнечного пространства, отличающегося чрезвычайно высокими тепловыми потоками, для исследования характеристик высокоэнергетического космического излучения необходимо посылать автоматы, так как эти условия представляют опасность для человеческого организма. Также автоматически приходится начинать исследование любого неизвестного космического фактора, таких, например, как первичное изучение условий на поверхности Луны или планетах Солнечной системы. Поэтому автоматические аппараты служат первопроходцами при полетах к Луне, Венере, Марсу, прокладывая путь космонавтам.

Таким образом, в общем виде распределение сфер действия автоматических и пилотируемых космических аппаратов выглядит приблизительно следующим образом. На самом начальном этапе исследования какого-либо небесного тела или космического явления для первичного ознакомления с ним и для отработки соответствующей техники осуществляется запуск автоматических аппаратов (одного или нескольких, в зависимости от сложности проблемы). Затем, для более глубокого и всестороннего

изучения, посылаются экспедиции космонавтов с участием ученых-специалистов. В дальнейшем эти исследования переходят на этап более глубокого изучения с помощью разнообразных автоматических и пилотируемых средств.

Очевидно, что и на самом пилотируемом космическом корабле не все виды работ должны выполняться экипажем. Пилотируемый космический корабль представляет собой систему «человек—машина», эффективность работы которой в большой степени зависит от правильного распределения функций между человеком и автоматикой. Поэтому, при проектировании космических кораблей задачи, возлагаемые на них, распределяются между экипажем и автоматическими приборами и формулируются основные требования к космонавтам с точки зрения профессиональных навыков и качеств, которые они должны приобрести в процессе подготовки к полету.

Существуют различные точки зрения на обязанности экипажа космического корабля. Особенно велики разногласия по поводу участия космонавтов в управлении бортовыми системами. В первое время, когда опыт полетов человека в космос был очень мал, нередко высказывались мысли о том, что все или почти все функции, связанные с управлением, должна выполнять автоматика, а космонавт может брать управление на себя только в аварийных ситуациях. Другая крайность — стремление как можно больше задач управления возложить на космонавта, а автоматике оставить роль дублера. С обоими крайними взглядами трудно согласиться, связи. С одной стороны, неправильно видеть в экипажах обитаемых космических кораблей лишь пассажиров, не принимающих никакого участия в управлении кораблем. Но и возложить на космонавтов целиком всю ответственность за это управление, как например, на летчика, пилотирующего самолет, тоже нельзя. Даже в современной авиации автоматика играет большую роль в управлении полетом, а в космическом полете увеличивается количество задач, решение которых требует большого быстрействия и высокой точности.

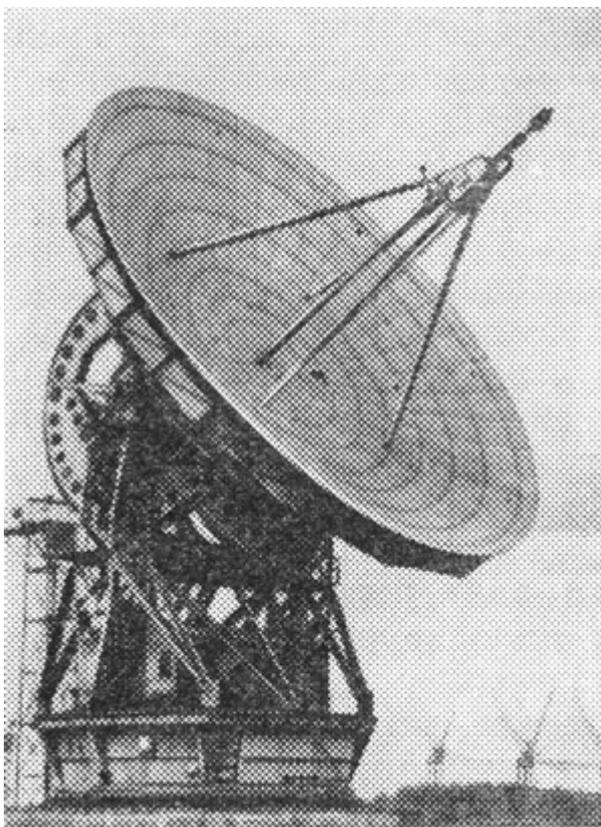


Рис. 1. Антенна дальней космической связи

В реальных космических полетах функции экипажа по управлению КК постоянно меняются, при этом намечается тенденция расширения сферы действия человека с углублением, детализацией задач и операций. Сначала действительно космонавты вмешивались в работу бортовых систем только в случаях каких-либо отказов в автоматике. Американские космонавты столкнулись с различными отказами и неисправностями в бортовых системах уже на первых своих пилотируемых спутниках «Меркурий». Так, при полете первого американского космонавта Джона Гленна на спутнике «Френдшип-7» перед включением тормозной двигательной установки (ТДУ) приборы показали, что ослабла система крепления теплозащитного экрана к корпусу. Возникла опасность, что после отделения ТДУ экран отвалится. Космонавт принял решение не отделять ТДУ после окончания ее работы и осуществил спуск вместе с нею.

Большие трудности выпали на долю Купера, летавшего на корабле «Меркурий МА-9», которому пришлось ликвидировать неисправность в автоматическом устройстве, регулирующем последовательность операций при сходе с орбиты. Неприятности усугублялись тем, что неисправное устройство продолжало работать, выдавая неправильные команды и мешая космонавту взять управление на себя. Но все-таки космонавт и персонал наземных станций, правда, с большим трудом, смогли найти способ ликвидировать аварийную ситуацию.

В дальнейшем и на других американских космических кораблях «Джемини» и «Аполлон» отказы систем принуждали космонавтов постоянно быть в готовности либо отключать неисправное оборудование, либо даже производить ремонт.

На советских пилотируемых кораблях космонавтам впервые пришлось встретиться с отказом автоматики во время полета «Восхода-2», когда не сработала автоматическая система управления посадкой корабля на Землю. Командир корабля летчик-космонавт П. И. Беляев, проанализировав обстановку, сориентировал корабль вручную и в расчетное время включил ТДУ.

В настоящее время сложилось прочное убеждение в том, что участие космонавтов в управлении бортовыми системами и в их обслуживании с целью профилактического осмотра и ремонта значительно повышает общую надежность систем, а, следовательно, увеличивает безопасность полета и эффективность выполнения заданной программы. Поэтому в проектах современных и будущих пилотируемых космических кораблей подобная деятельность экипажа планируется и включается в программу полета. Расчеты и наземные эксперименты/показывают, что особенно большие преимущества такой подход к задачам экипажа сулит в случае долговременных космических орбитальных станций и межпланетных кораблей с временем полета несколько месяцев и лет.

Целесообразность участия человека в проведении научных экспериментов на борту космического корабля определяется многими причинами. Например, в исследованиях, связанных с наблюдениями за различными объектами на Земле, важную роль играют: острота зрения, условия видимости, степень подготовки (тренированность) космонавта, наличие характерных отличительных признаков у объекта наблюдения. Разрешающая способность зрения оценивается величинами от одной до нескольких угловых минут, т. е. с высоты 200 км можно различить объекты размером 200—300 м. При благоприятных условиях видимости зафиксированы существенно лучшие результаты. Очень важна при этом хорошая освещенность Солнцем и контрастность с окружающим фоном по цвету и форме. Особенно четко видны протяженные объекты — реки, дороги. Важную роль играет подготовленность космонавта: на знакомой местности он способен различить гораздо больше деталей. В особо благоприятных случаях космонавты видят объекты размером всего 10—20 м.

Например, американский космонавт Купер, находясь на корабле «Джемини-5», в мае 1965 г. сообщал, что различает стартовые площадки на американском космодроме, взлетные полосы аэродромов, улицы и даже дым из труб домов. Советский космонавт Г. Т. Береговой отчетливо видел морские суда по их следу на поверхности моря. Эти характеристики возможностей человеческого зрения свидетельствуют о больших перспективах визуального наблюдения за земными объектами. Например, тектонические образования на поверхности Земли могут очень тщательно и эффективно изучаться визуально с орбитальных станций. Приведенные выше данные показывают, что и небольшие разломы и сбросы размером от нескольких десятков метров до нескольких километров также вполне доступны визуальному исследованию из космоса. Точно так же удобно проводить визуальное наблюдение с орбитальных станций за скоплениями льда в полярных морях, за снежными шапками в горах и т. д. По-видимому, вполне возможно наблюдение из космоса за отдельными участками растительности в труднодоступных местах, за крупными стадами животных, за очагами лесных пожаров.

Земные профессии космонавтов

Уже первые полеты советских космонавтов дали чрезвычайно интересные данные о Земле, ее поверхности и природных ресурсах, о состоянии океанов и морей, о процессах в атмосфере. Постепенно сформировалось обширное направление космонавтики, которое называется иногда космическим земледелием. Находясь на околоземной орбите, космонавты проводят разнообразные наблюдения, помогающие изучению нашей планеты и освоению ее пространств и ресурсов. Очень многие научные и хозяйственные проблемы могут решаться принципиально по-новому, значительно быстрее и экономичнее, благодаря участию космонавтов, осуществляющих регулярные наблюдения за Землей из космоса. В числе отраслей, уже имеющих самые тесные связи с космической техникой, можно назвать геологию, метеорологию, гидрологию, телевидение, геодезию, картографию, лесное хозяйство, в которых экономический эффект от использования данных, получаемых космонавтами, становится все ощутимее с каждым новым полетом пилотируемых кораблей.

Мы расскажем о некоторых направлениях народнохозяйственной деятельности космонавтов, в которых уже накоплен определенный опыт и которые, несомненно, займут важное место в программах полетов

будущих долговременных орбитальных станций.

Начнем с метеорологии. Нет нужды разъяснять, как важно для народного хозяйства страны своевременное прогнозирование погоды. Вместе с тем известно, что в этом вопросе до сих пор еще много неясного и нерешенного. Известно, что в образовании и развитии погодных явлений в значительной мере принимает участие атмосфера в целом. Она является средой, через которую осуществляется взаимное влияние процессов, возникающих иногда в очень отдаленных друг от друга районах Земли. Информация, полученная с помощью наземных пунктов метеонаблюдений, не всегда позволяет обнаружить все процессы, происходящие в атмосфере и влияющие на погодообразование, поскольку число таких пунктов ограничено, а в ряде обширных труднодоступных районов Земли их очень мало или совсем нет. Кроме того, для прогнозов погоды важно знать состояние атмосферы не только у поверхности Земли, но и на различных высотах. Использование авиации и метеорологических ракет, конечно, увеличивает общую информацию, но оно также ограничено по своим возможностям и не позволяет составить представление о состоянии всей атмосферы. Здесь на помощь пришла космическая техника. Оказалось, что метеорологическая информация, получаемая из космоса, не только более обширна, но и несет в себе новое качество, чрезвычайно ценное для прогнозов — она дает представление об атмосферных процессах, происходящих в масштабах всей планеты. По существу, снимки, полученные из космоса в видимой или инфракрасной области спектра, представляют собой своеобразную запись земной погоды. Ученые считают, что запас сведений, которые можно получить даже только от изображений из космоса облачного покрова Земли, превосходит информацию, получаемую любыми другими наземными методами. С помощью автоматической аппаратуры, устанавливаемой на искусственных спутниках Земли, метеослужба снабжается по телевизионным каналам обширной и очень ценной информацией о состоянии земной атмосферы, однако таких подробных деталей, какие имеются на снимках, доставленных космонавтами, автоматическими средствами получить не удастся. Между тем некоторые детали имеют существенное значение для обнаружения признаков атмосферных процессов, связанных, например, с образованием циклонов, тропических ураганов, повышенной турбулентности воздуха на трассах полетов самолетов и т. п.

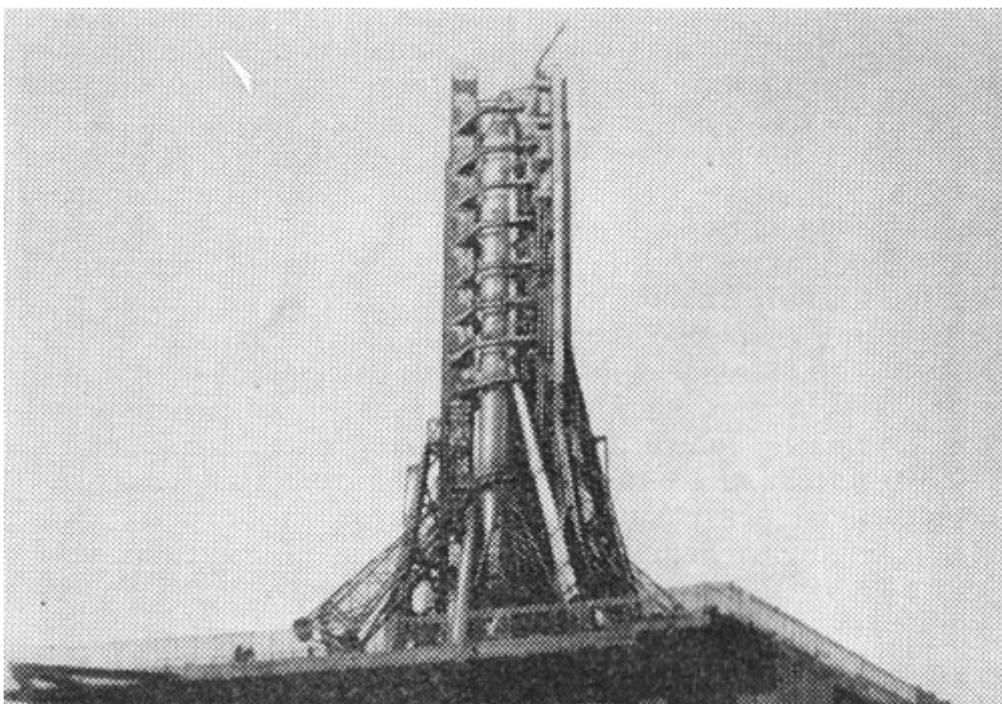


Рис. 2. Ракета с космическим кораблем «Союз» на старте

За годы существования космической метеорологии накоплен большой опыт использования данных, получаемых из космоса, в службе погоды. Метеорологи отмечают, что особенно ценное качество метеорологических сведений, получаемых во время визуальных наблюдений экипажей пилотируемых кораблей и станций, заключается в том, что важная информация доставляется на Землю быстро и в удобной для немедленного использования форме. Космонавты не только дают общую характеристику наблюдаемого явления (размеры, интенсивность, форму, цвет), но и сообщают довольно точное указание его местоположения и направления движения.

Метеорологические наблюдения из космоса были начаты, по существу, еще Ю. А. Гагариным, который во время своего исторического полета сообщал, что он не только хорошо различал берега континентов, острова, крупные реки, большие водоемы, складки местности, квадраты полей, но и отчетливо видел облака и даже легкие тени от них на поверхности Земли. Эти данные, полностью подтвердившиеся

результатами последующих полетов советских космонавтов, послужили основанием для включения в программу полетов экипажей пилотируемых кораблей специальных заданий от Гидрометеослужбы по наблюдению за рядом явлений погоды. Так, командир корабля «Союз-4» В. А. Шаталов 15 января 1969 г. наблюдал за мощным облачным вихрем, связанным с глубоким циклоном над Атлантикой у западного побережья Европы. 17 января 1969 г. командир корабля «Союз-5» Б. В. Вольтов наблюдал вспышки молний и сильную грозу над Южной Америкой. Он же 18 января видел грозу у юго-восточных берегов Африки. Над Индийским океаном Вольтов обнаружил зарождающийся тропический циклон. Результаты его наблюдений были своевременно учтены метеорологами-прогнозистами.



Рис. 3. Экипаж космических кораблей «Союз-4», «Союз-5»: Е.В.Хрунов, А.С.Елисеев, В.А.Шаталов и Б.В.Волынов

Космонавты Г. С. Шонин и В. Н. Кубасов на корабле «Союз-6» обнаружили тропический шторм «Дженнифер» у берегов Мексики, а экипаж корабля «Союз-7» заметил зарождение циклона у берегов острова Кубы, в чем на сутки опередили наземную службу погоды. На корабле «Союз-9» космонавты В. И. Севастьянов и А. Г. Николаев провели почти 20 метеорологических наблюдений с передачей своих данных на Землю. 3 июня 1970 г. они обнаружили в Индийском океане тропический циклон и передали его координаты наземным службам. Через двое суток такой же циклон наблюдался ими в Бенгальском заливе. В Афганистане и Иране были отчетливо видны пыльные бури, а в Африке и в Северной Америке в районе Великих озер — сильные грозы. Особенно четко грозы наблюдались при пролете над теневой стороной Земли.

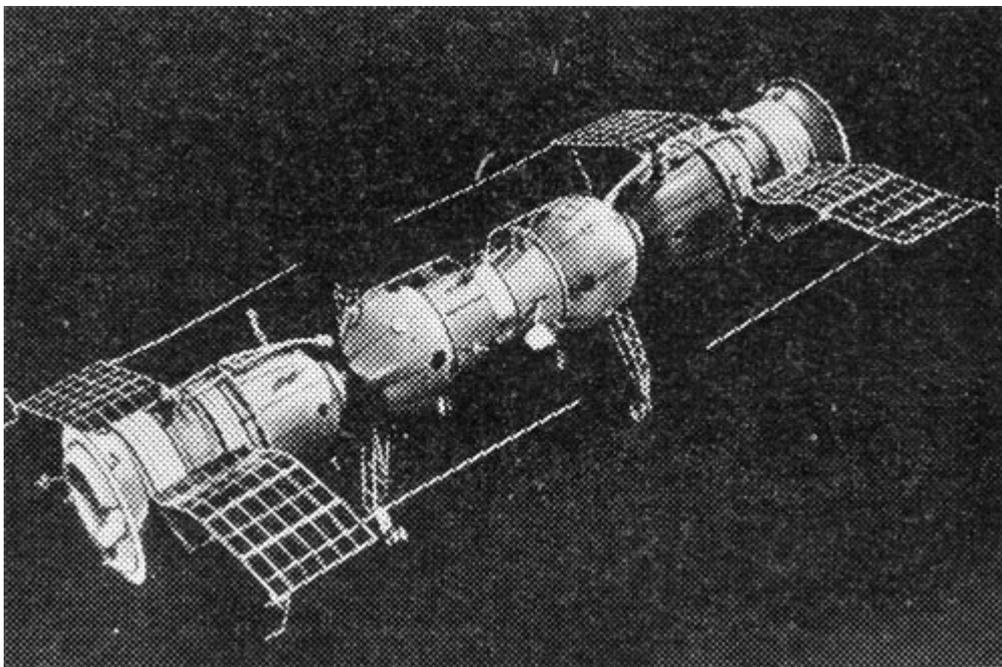


Рис. 4. Корабли «Союз-4» и «Союз-5». Создание экспериментальной орбитальной станции

Интересен комплексный метеорологический эксперимент, осуществленный на 188-м витке корабля «Союз-9», в котором принимали участие научно-исследовательское судно «Академик Ширшов», спутник «Метеор» и экипаж космического корабля. В ходе этого эксперимента одновременно производились измерения характеристик атмосферы над западной частью Индийского океана на различных высотах. Автоматическая аппаратура спутника «Метеор» вела телесъемку с высоты 600 км, космонавты проводили визуальные наблюдения и фотосъемку с высоты своей орбиты (230 км), на более низких высотах регистрация велась с помощью метеорологических ракет, запускаемых с судна «Академик Ширшов». Наконец, на самом судне тоже велись разнообразные измерения у самой поверхности океана.



Рис. 5. Космонавты А.Г.Николаев и В.И.Севастьянов дают интервью журналистам перед стартом космического корабля «Союз-9»

15 июня А. Г. Николаев и В. И. Севастьянов сделали ряд интереснейших снимков облачности, некоторые из них привлекли внимание ученых-метеорологов. На одном из снимков изображено облачное скопление над Атлантическим океаном в 500 км от острова Вознесения, свидетельствующее о зарождении мощного тропического циклона в этих местах.

В одной из своих передач на Землю А. Г. Николаев сообщил, что видит циклон, приближающийся к Новосибирску. Это предупреждение было сразу же использовано в оперативной службе погоды и имело значительный экономический эффект. Большое число метеорологических наблюдений с передачей на Землю данных произвел экипаж орбитальной станции «Салют». 19 июня 1971 г. космонавты отметили сильную пылевую бурю на северо-западном побережье Африки, 20 июня — обнаружили и

сфотографировали циклон в районе Гавайских островов, 22 июня они наблюдали циклон в Индийском океане и сообщили его координаты на Землю.

Важным достоинством метеорологической информации с пилотируемой орбитальной станции является ее оперативность — с нее приходят данные о состоянии облачности над разными материками и океанами — почти одновременно, во всяком случае, в один и тот же день. Кроме того, очень ценной является высокая достоверность получаемых от космонавтов сведений, например, человек может спутать грозу с каким-либо другим явлением с гораздо меньшей вероятностью, чем автоматическое устройство. Следовательно, сообщения космонавтов можно почти не проверять, что, естественно, экономит время и средства, затрачиваемые специалистами на Земле. В дальнейшем, когда в состав экипажей пилотируемых космических станций будут включаться специалисты-метеорологи (а такое время не столь уж и далеко), роль этих станций в прогнозе погоды должна еще более возрасти. Опытные специалисты, включенные в экипаж орбитальной станции, могут помимо сбора фактических данных о состоянии атмосферы в различных районах Земли проводить значительную работу по уточнению существующих и разработке новых методов прогнозирования погоды. Космонавты, наблюдая за поверхностью Земли, за ее атмосферой, могут оперативно выявлять зарождающиеся атмосферные и морские явления и своевременно предупреждать о них наземную службу погоды. Особенно важна заблаговременная информация о явлениях, имеющих характер стихийных бедствий, — циклонах, ураганах, тайфунах, смерчах, пылевых бурях, цунами. Несколько слов о предсказании цунами — гигантских морских волн высотой 20—30 м, образующихся в результате подводных землетрясений или вулканических извержений. Они вызывают на побережьях наводнения, страшные разрушения. Особенно большой вред приносят цунами на тихоокеанском побережье СССР. Ученые подсчитали, что в последние 20 лет в этом районе разрушительные цунами обрушивались на побережье в среднем каждые 3 года, а более слабые наблюдаются ежегодно. Ущерб, приносимый цунами народному хозяйству, исчисляется миллионами рублей, поэтому очень важно своевременное предупреждение о них. Современные методы прогнозирования цунами разработаны мало, имеют невысокую надежность. Время, которым может располагать население для принятия необходимых мер, сейчас составляет 10—40 мин. Очевидно, что в подобной ситуации увеличение резерва времени даже на несколько минут имеет очень большое значение. Если же окажется возможным определение момента возникновения цунами визуалью с космической станции, это сулит увеличение резервного времени до 1—2 час.

В космической службе погоды большое значение имеют как систематические ежедневные наблюдения за облачностью, поверхностью моря и суши, так и периодические обзоры земной поверхности 1—2 раза в месяц. Организация и частота метеорологических наблюдений с орбитальной станции могут быть самыми различными. Одни виды наблюдений имеют большее значение для краткосрочных, другие — для долгосрочных прогнозов погоды. Наблюдаемая космонавтами картина может восприниматься либо визуалью, либо фиксироваться на фото- и кинопленку. В последнем случае информация с пленки может сразу передаваться на Землю для обработки. При этом сбор метеоинформации осуществляется практически автоматически, но с контролем со стороны космонавта. Он выбирает, какую часть видимой картины надо снимать, определяет наилучший масштаб съемки, область спектра и вид съемки (фото или кино; черно-белая или цветная пленка; область спектра в случае спектральной съемки). Часть отснятых кадров космонавт может передать на Землю, остальные — не передавать. Этим разгружаются телеметрические каналы передачи информации со станции на Землю (что имеет само по себе большое значение) и обеспечивается передача наиболее ценных данных.

Все выше сказанное показывает, что экономический эффект от включения данных, постоянно получаемых из космоса, в метеорологическую службу прогнозирования погоды может быть очень велик.

Американские специалисты подсчитали, что увеличение точности долгосрочного прогнозирования погоды, заблаговременное определение времени и места возникновения стихийных бедствий с помощью космической техники может принести экономию около 2,5 млрд. долларов в год. Эта сумма складывается из отдельных экономических эффектов в разных областях. Они считают, что уточнение прогнозов возникновения ураганов даст экономию примерно 1 млрд. долларов в год на строительстве новых сооружений, 500 млн. долларов благодаря своевременной защите запасов топлива и энергетических систем, еще 500 млн. долларов — благодаря заблаговременному спасению урожая и 400—500 млн. долларов — путем сохранения продуктов животноводства, стад сельскохозяйственных животных и т. д. [6]. Суммы внушительные. И это только по одной стране!

Таким образом, сейчас уже наметились следующие основные направления деятельности космонавтов в интересах метеорологии:

- оперативное оповещение наземных служб о визуальной картине облачного покрова Земли;
- отработка методики выявления погодообразующих факторов и процессов;
- визуальное изучение и регистрация состояния атмосферы на больших высотах;
- выявление закономерностей атмосферных процессов, изучение динамики их изменения,
- систематизация, составление типовых каталогов и т. д.

Разумеется, космонавты могут наблюдать за разными объектами на поверхности Земли. Для различных отраслей народного хозяйства важно знание текущего положения границы таяния снегов, размеров затопленной территории, вызванной разливами рек, площадей озер, искусственных морей и водохранилищ. В этих данных заинтересованы сельское и лесное хозяйство, гидрология, рыболовство, энергетика и другие отрасли.

В июне 1970 г. внимание специалистов привлекли сообщения советских космонавтов А. Г. Николаева и В. И. Севастьянова с борта корабля «Союз-9» о том, что они дважды наблюдали выпадение снега и его таяние на обширной территории на юге Чили и Аргентины и в районе Огненной Земли. Эти сведения наталкивают на предположение об интересной возможности улучшения службы наблюдений за осадками путем использования данных, получаемых от космонавтов.

Среди всевозможных методов получения информации об объектах, расположенных на поверхности Земли, наибольшую ценность в настоящее время представляет фотографирование этих объектов из космоса. Как утверждают ученые, для детальной расшифровки космических фотографий в интересах обширной группы наук о Земле, а также геоботанических, агробиологических и других исследований исключительно важное значение приобретают высокая разрешающая способность изображений и возможность получения цветных снимков или снимков в отдельных узких участках спектра. Практика космического фотографирования показала, что этим требованиям лучше всего удовлетворяют фотографии Земли, сделанные космонавтами.

Цветная фотография какого-либо участка земной поверхности, насыщенная более или менее мелкими деталями, может рассказать специалисту очень многое. Даже малоопытный человек легко может различить по цвету, например, покрытую снегом площадь от свежеспаханного поля или хвойный зеленый лес от осеннего желто-красного лиственного. Если же рассматривать изображения не в видимом, а в других диапазонах спектра излучения от поверхности, можно получать информацию и более ценного свойства. Например, по изображению в инфракрасных лучах можно определять различия в температурах на поверхности Земли. Подобные изображения, по существу, являются тепловыми картами местности. Получение изображений Земли с помощью приборов, чувствительных к тепловому радиоизлучению (так называемый метод пассивной радиолокации), даже более перспективно, чем цветное фотографирование, поскольку тепловое радиоизлучение свободно проходит сквозь облака и позволяет получать снимки даже при сплошной облачности.

Чем разнообразнее аппаратура, регистрирующая различные спектры излучений от Земли, тем обширнее информация о ее поверхности. С помощью такой аппаратуры можно получать спектрограммы — снимки участков земной поверхности в строго фиксированном диапазоне частот.

Разумеется, для этой цели обычный фотоаппарат не годится, необходим специальный прибор — спектрограф, регистрирующий яркость объекта для определенной длины волны излучения, идущего от поверхности Земли. Если менять длину волны, принимаемую прибором, получается несколько снимков одного и того же объекта в разных лучах. Оказывается, каждая зона земной поверхности имеет свой спектр отражения — леса, степи, каменистые пустыни, песчаные дюны, озера, реки и т. д. При помощи спектров можно исследовать динамику изменения снежного покрова в горах и на равнине, изучать распределение льдов в арктических морях, температуру поверхности океана, морские течения, распределение растительности, состояние различных сельскохозяйственных культур. Конечно, для полной реализации возможностей, заложенных в использовании космических фотографий спектров, предстоит еще решить целый ряд вопросов. Это, например, получение картотеки типовых спектров для облегчения расшифровок изображений, получаемых из космоса.

Для этого наиболее эффективно проведение комплексных экспериментов, по одновременной регистрации спектров, получаемых в результате наземных, самолетных и космических наблюдений за участками поверхности с хорошо изученными спектральными характеристиками. Такой комплексный эксперимент проводился, в частности, во время полета корабля «Союз-9», когда были получены снимки так называемых участков-полигонов в районах Северного Кавказа, Каспийского и Аральского морей, Казахстана, Западной Сибири. Аналогичный эксперимент был осуществлен и экипажем орбитальной станции «Салют». В качестве полигона использовались прибрежные районы Каспийского моря.

В дальнейшем, по мере накопления опыта и необходимых данных по типовым спектрам земной поверхности, с помощью сведений, поступающих с космических станций, откроются новые возможности для сельского хозяйства. Сейчас уже не подлежит сомнению принципиальная возможность определять из космоса среднюю степень созревания культур, а также оценивать урожай на больших массивах полей. По спектрам можно даже обнаружить участки с больными или зараженными вредителями посевами. Конечно, предстоит большая работа по выявлению закономерностей изменения спектров растений, отличий спектра культурных растений от сорняков, по совершенствованию необходимой аппаратуры, но в принципе недалек тот день, когда различные сельскохозяйственные работы можно будет проводить в сроки, определяемые при консультации с экипажем орбитальной станции. Вероятно, такая организация

сельскохозяйственных работ возможна не только в рамках одной страны, но будет использована и другими государствами, прежде всего социалистическими странами — участницами СЭВ.

Экипаж космической орбитальной станции может решать очень важные проблемы лесного хозяйства. Здесь особенно острой является проблема борьбы с лесными пожарами, в результате которых безвозвратно гибнут сотни тысяч гектаров ценного леса. На борьбу с лесными пожарами тратятся значительные материальные средства. Как и всякий пожар, лесной пожар трудно погасить, когда им охвачена большая площадь, поэтому основная задача борьбы с ними — своевременное предупреждение, определение района, охваченного огнем, и направления движения огня. Эти вопросы могут быть решены экипажами орбитальных станций более успешно, чем существующими средствами охраны леса. С борта орбитальных космических кораблей очаги пожаров четко обнаруживаются, особенно в ночное время, когда корабль находится в тени Земли. Например, А. Г. Николаев, В. И. Севастьянов во время 18-суточного полета на корабле «Союз-9» неоднократно видели пожары в сибирской тайге, лесах Африки, Австралии, Южной Америки и сообщали о них на Землю.

Аналогичные сообщения поступали и с других советских и американских космических кораблей.

Большие возможности открывает использование космической техники в морском рыболовстве. Здесь круг задач, решаемых космонавтами на борту орбитальных станций, очень широк и многообразен. Это — и обнаружение районов обитания рыбы в открытом океане, их миграция и др. Многие вопросы, например составление карт для рыболовства, успешно могут решаться автоматическими спутниками. Однако оперативные сведения для всего флота или для отдельных групп судов, оценка запасов рыбы в промысловых районах, работы, требующие высокой точности, могут эффективно выполняться экипажами орбитальных станций.

Советские рыболовные флотилии добывают сейчас свыше 5 млн. т рыбы и других морских продуктов во всех морях и океанах нашей планеты. С каждым годом масштабы лова возрастают. При этом рыболовные суда вынуждены уходить в открытую акваторию все дальше от берегов и все больше времени проводят там. Очевидно, что при таком способе добычи решающим звеном рыболовства становится разведка районов морей, богатых рыбой. Однако сейчас разведка запасов рыбы — крайне сложное, дорогостоящее мероприятие. Это объясняется в первую очередь тем, что общая площадь поисковых районов в океане очень велика — более 300 млн. квадратных километров. Чтобы собрать информацию о местонахождении рыбы с такой площади хотя бы раз в 2—3 недели, потребовалось бы несколько десятков тысяч специально оборудованных судов. Космические корабли могут во многом разрешить эту задачу.

Нет сомнения, что в ближайшем будущем применение космической техники для целей рыболовства не только существенно повысит эффективность существующих методов лова, но и внесет кардинальные перемены в эти методы. И большое место в этой работе будет принадлежать космонавтам. Возможно даже, что в состав экипажей орбитальных станций будут включаться океанологи и ихтиологи — специалисты по исследованию ресурсов Мирового океана.

Изучению районов рыбных скоплений из космоса благоприятствует то обстоятельство, что почти все морские промысловые объекты сосредоточиваются в поверхностном слое, примерно до глубины 50 м. В этом слое для рыбы наиболее благоприятны условия обитания по запасам пищи, температуре воды и т. п. Известно, во-первых, что распределение рыбы в океане в значительной мере зависит от состояния водных масс. Обитатели моря предпочитают те слои воды, где происходит соприкосновение водных масс с различной температурой, а это хорошо заметно из космоса. Во-вторых, рыбы, кальмары и другие организмы выделяют в окружающую среду всевозможные продукты жизнедеятельности, среди которых находятся специфические жиры, всплывающие на поверхность моря и резко выделяющиеся на фоне чистой воды по спектру. Применение метода спектрографии позволяет сравнительно просто и быстро организовать обнаружение рыбных скоплений в открытом море по типовым спектрам. Причем, поскольку спектры, соответствующие разным видам рыбы, различаются, можно сразу определить не только местоположение рыбы, но и ее вид. Это еще больше облегчит работу рыболовов и принесет дополнительный экономический эффект.

Можно упомянуть еще о некоторых направлениях работы космонавтов в интересах народного хозяйства. Здесь и совершенствование методов поиска полезных ископаемых, и решение уникальных технологических проблем, и осуществление некоторых производственных процессов. Например, в невесомости можно изготавливать шарики для подшипников, в том числе и полые, из любого материала и практически идеальной сферической формы. Невесомость и отсутствие тепловой конвекции на борту орбитальной станции являются необычайно благоприятными условиями для получения ряда принципиально новых материалов, таких, как пенная сталь, сплавы разнообразных металлов между собой и с неметаллами. Большие перспективы могут открыться в космосе для производства линз и зеркал особо высокой точности, для приготовления особо ценных лекарств, основанных на смешивании разнородных веществ. Новые «космические» методы и процессы обработки различных материалов, основанные на использовании электростатических полей, капиллярных сил и сил поверхностного натяжения, трения и т. д., могут привести к созданию в ряде отраслей промышленности —

инструментальной, фармацевтической, металлургической, химической — особых «космических» лабораторий и цехов, сначала, разумеется, в крайне ограниченных масштабах. Начало этому, можно считать, было положено советской экспериментальной установкой «Вулкан», с помощью которой космонавт В. Н. Кубасов в октябре 1969 г. осуществил вакуумную сварку металлов на борту космического корабля «Союз-6».

Лаборатория на орбите

В общей программе научно-исследовательских работ по изучению и освоению космоса важная и ответственная роль отводится экспериментальным исследованиям, проводимым непосредственно в космическом пространстве. В этом вопросе большой интерес представляют эксперименты, осуществляемые космонавтами на борту космических кораблей и долговременных орбитальных станций.

Выход экспериментатора в космическое пространство означает не просто расширение сферы научной деятельности. Эксперименты в космосе позволяют решить большое число проблем, пока еще неразрешимых в земных условиях. Этому способствуют отсутствие атмосферы и невесомость. Кроме того, при проведении исследований на борту космической лаборатории выявляются новые закономерности, явления и процессы, неизвестные на Земле. Эти новые открытия и эффекты способны, подобно катализатору, многократно ускорить развитие ряда научных направлений. Например, благодаря открывшейся возможности проведения экспериментов прямо в космосе, за короткий срок изменили свой облик космическая физика, астрофизика, радиоастрономия, возникли космическая биология, космическая медицина.

Показательны в этом отношении результаты полета советского долговременного орбитального корабля «Союз-9». В программу его полета было включено большое количество разнообразных задач, среди которых, наряду с испытанием новых образцов космической техники, были следующие:

- исследование возможностей экипажа по выполнению различных работ при длительном воздействии факторов космического полета и изучение процесса реадaptации (перехода человека после многодневного пребывания в невесомости к условиям земной гравитации);

- осуществление обширного комплекса научных, технических и медико-биологических исследований и экспериментов, а также дальнейшая отработка методик проведения в космосе работ по изучению природных ресурсов Земли.

В ходе полета «Союза-9» его экипаж выполнил более 50 экспериментов, используя свыше 60 различных видов научной аппаратуры. При этом каждый из экспериментов практически проводился по нескольку раз с тем, чтобы получить более достоверные данные. В полете было снято и затем доставлено на Землю более 1000 кадров с изображением земной поверхности, атмосферных метеорологических образований, дневного горизонта Земли, атмосферного ореола ее сумеречного горизонта, водной поверхности (снимки различного масштаба на черно-белой, цветной и спектральной пленке), получено около 200 спектрограмм атмосферного ореола Земли и подстилающей поверхности. Проводились визуальные астрономические наблюдения за звездным небом, Луной, метеорами и некоторыми планетами [7].

В целом данные, полученные экипажем «Союза-9», имеют, по свидетельству представителей различных наук, огромную научную ценность и с глубоким интересом изучаются по настоящее время. В частности, результаты этих исследований и экспериментов позволяют точнее производить расчеты высотных профилей яркости горизонта и атмосферы, уточняют ряд данных о физических характеристиках космического пространства и верхних слоев земной атмосферы, дают более глубокое представление о возможности человека жить и плодотворно трудиться при длительном пребывании в невесомости.

Очень интересными оказались наблюдения А. Г. Николаева и В. И. Севастьянова за дневным и сумеречным горизонтом. Они подвергли детальному анализу наблюдавшийся всеми космонавтами в предыдущих полетах эффект дымки, которая «размывает» край горизонта. Космонавты заметили, что цвет дымки неоднороден и зависит от условий освещения и степени облачности. Если наблюдение происходит над океаном в то время, когда он закрыт облаками, горизонт над ним имеет белесовато-сероватый цвет, а если небо свободно от облаков, то горизонт ярко-голубой. По вертикали цвет горизонта изменяется от светло-голубого к синему, переходя затем к черному цвету космоса.

Во время наблюдений за ночным и сумеречным горизонтом космонавты отметили, что у края горизонта выделяется светлая полоса, несколько размытая. На высоте приблизительно 115 км от горизонта Земли они видели яркий светящийся слой серого цвета, слегка окрашенный в розоватый оттенок, — тонкий светящийся «жгут». Это явление до экипажа «Союза-9» не наблюдалось никем. Оно представляет большой интерес для ученых, а результаты проведенного советскими космонавтами подробного изучения особенностей и свойств этого явления имеют несомненную научную ценность. Обнаружена зависимость между размерами зари и толщиной «жгута», измерялась высота «жгута» над ночным горизонтом, над

границей сумеречного и ночного горизонта, угловое расстояние между звездами и «жгутом», фиксировалось время прохождения звезд, лежащих в плоскости, от «жгута» до захода за горизонт Земли и аналогично при восходе звезд. Кроме открытия оптического явления, названного ими световым «жгутом», А. Г. Николаев и В. И. Севастьянов впервые наблюдали еще два эффекта. В момент появления первого солнечного луча при восходе Солнца размеры космической зари резко уменьшаются, приблизительно на 30%, что можно объяснить физиологическими особенностями глаза человека.

Второй эффект наблюдался космонавтами, когда Солнце поднималось над горизонтом примерно на 10° . В этот момент над горизонтом Земли цветной ареол как бы отрывался от ее поверхности и строго по касательной уходил в зону черного неба. Этот эффект, названный космонавтами эффектом «усов», связан, видимо, с рассеянием и рефракцией света в земной атмосфере [7]. На этом примере хорошо видны преимущества исследования малознакомых явлений космонавтами по сравнению с экспериментами на автоматических спутниках. Результаты, получаемые человеком, отличаются большей полнотой данных, большей точностью оценок и неизмеримо более глубоким изучением явлений, с которыми исследователь сталкивается впервые.

Аналогичные сведения можно было бы привести и о других научных экспериментах на пилотируемых космических кораблях, например астрофизических, биологических или медицинских. Кстати, в последнее время им отдавалось наибольшее предпочтение в программах полета космонавтов. Есть все основания полагать, что Интерес к этим направлениям научных исследований на пилотируемых станциях-лабораториях сохранится и в последующие годы. При этом необходимо подчеркнуть, что если включение медико-биологических исследований в программу полета кораблей с экипажем очевидно, поскольку в значительной степени связано с постановкой опытов на самих космонавтах, то усиленное внимание к астрофизическим экспериментам объясняется чрезвычайной научной актуальностью проблем современной астрофизики, в решении которых большие надежды возлагаются на внеатмосферные методы астрономических наблюдений. Выход в космос означает для астрофизики качественный скачок, позволяющий получить принципиально новые результаты.

Основой такого суждения служат достижения, полученные в астрофизике за последние 20 лет, когда с помощью новых методов наземных наблюдений (главным образом радиоастрономических) был сделан ряд выдающихся открытий (реликтовое коротковолновое радиоизлучение, квазары, пульсары, дискретные источники рентгеновского излучения и т. д.). Результатом этих открытий стало существенное изменение сложившихся ранее в науке представлений о строении и эволюции Вселенной, о закономерностях превращения материи в окружающем нас мире. Поскольку почти все эти открытия делались по мере освоения новых средств наблюдения и регистрации, можно ожидать, что применение внеатмосферных астрофизических приборов, устанавливаемых на пилотируемых (а может быть, и на автоматических) космических кораблях принесет новые успехи современной науке. Кроме того, разгадка тайн процессов, протекающих в звездах, позволит, очевидно, решить одну из актуальнейших проблем современной жизни — проблему энергетики. Объясняя такую направленность развития современных методов физических исследований объективной необходимостью, сложившейся в физике, известный советский ученый Л. А. Арцимович писал: «Если звездный мир построен сколько-нибудь рационально, то переход к использованию новой космической техники для наблюдений в инфракрасных, ультрафиолетовых, рентгеновских и гамма-лучах, при правильном сочетании с традиционными методами оптической и радиоастрономии, должен будет со временем привести к такому «информационному взрыву», который заставит нас вновь подвергнуть коренному пересмотру многие из наиболее фундаментальных представлений о строении материи» [8].

Поэтому не случайно, что в программу полетов советских пилотируемых космических кораблей и станций включается все большее число астрофизических экспериментов, а сами корабли оснащаются все более совершенной и разнообразной астрономической аппаратурой. Особенно перспективны в этом отношении долговременные орбитальные станции. Большие возможности по размещению всевозможных приборов, наличие высококвалифицированных космонавтов-исследователей позволяют такой станции выполнять функции настоящей внеатмосферной астрофизической лаборатории.

Некоторые важные данные о строении Вселенной, о характеристиках многих удаленных от нас космических объектов (квазарах, пульсарах и т. п.) могут быть получены при регистрации электромагнитных излучений от этих объектов. Однако большая их часть поглощается земной атмосферой. Экипаж космической лаборатории может регистрировать с помощью бортовой аппаратуры мягкое рентгеновское излучение от различных небесных объектов, изучать пространственное распределение излучений галактического и межгалактического происхождения, регистрировать инфракрасное излучение от дальних астрономических объектов, анализировать спектры излучения этих объектов.

В этих исследованиях, как и в исследованиях по определению космической ионизирующей радиации, на первых порах главная задача космонавтов-исследователей — отработка методики проведения экспериментов, настройка и регулировка приборов, выявление оптимального режима работы аппаратуры.

Успех научных наблюдений космонавтов в значительной мере зависит и от физиологических особенностей зрения человека в условиях космического полета. Имеющиеся сейчас данные свидетельствуют о больших возможностях в этом направлении. В. И. Севастьянов после полета на корабле «Союз-9» писал: «Если Солнце находится не в зените, то в один иллюминатор отлично видна поверхность Земли и по ландшафту можно узнать, какой материк, а в противоположный иллюминатор на черном небе видна Луна, недалеко от нее — Юпитер, рядом с ним — Спика (Девы). На дневной стороне можно опознать Бегу (Лиры), даже когда космический корабль находится в закрутке. Таким образом, на фоне дневного неба звезды можно наблюдать, но без звездных карт трудно опознавать» [7].

Полеты американских космонавтов на космических кораблях «Аполлон» подтвердили возможность наблюдения человеком самых различных астрономических объектов и на больших удалениях от Земли, вблизи Луны. Так, сообщалось, что экипаж корабля «Аполлон-9» наблюдал планету Юпитер и четыре его спутника (Ио, Европу, Ганимед, Каллисто), а также следил в телескоп за спутником «Пегас», находившимся от корабля на расстоянии около 1600 км, и за взлетной ступенью лунной кабины корабля «Аполлон» примерно на таком же расстоянии.

Велики также задачи космической биологии и медицины — нового научного направления, сформировавшегося в последние несколько лет. Медико-биологические исследования в космосе очень разнообразны. Они направлены как на расширение проблем, связанных с длительными космическими полетами человека, так и на изучение принципиальных вопросов биологии: роли гравитации и различных временных циклов в развитии жизненных процессов в различных организмах — от простейших до человека, влияния на живой организм проникающей радиации и других видов космических излучений и т. д.

В первое время, когда от космонавтов требовалось лишь подтверждение принципиальной переносимости условий космического полета хотя бы в течение непродолжительного времени, медицинские эксперименты включали в основном вестибулярные пробы, психологические тесты и измерение некоторых важнейших физиологических показателей — частоты дыхания, пульса. С увеличением длительности космических полетов человека диапазон медицинских исследований расширился, усовершенствовалась и медицинская аппаратура, используемая для регистрации необходимой информации. Очень интересные результаты были получены после полета советского космического корабля «Союз-9», который показал возможность не только длительного пребывания человека в невесомости, но и разносторонней его деятельности в условиях длительного космического полета.

Большой круг медицинских исследований проводился и на орбитальной станции «Салют». На ней была установлена многочисленная медицинская аппаратура, в том числе многофункциональный медицинский прибор, помогающий изучать механизм адаптации организма человека к невесомости. Он снимает электрокардиограмму, измеряет артериальное давление, оценивает различные фазы деятельности сердца. В настоящее время разработан и успешно испытан автоматический прибор для взятия анализов крови во время полета. Создан также быстродействующий прибор для измерения плотности костной ткани. На космических кораблях может применяться аппаратура для измерения газообмена, остроты зрения, силы мышц и т. п.

Однако, несмотря на большие успехи космической медицины, много вопросов осталось еще невыясненными. Для того чтобы с уверенностью утверждать о возможности космических полетов человека продолжительностью в несколько месяцев, предстоит решить еще целый ряд медико-биологических проблем. Среди них центральной является проблема создания искусственной тяжести. О необходимости создания искусственной тяжести на борту пилотируемого космического корабля сейчас существуют различные точки зрения, но все они являются лишь предположениями, пока не изучены в полной мере физиологические эффекты, обусловленные невесомостью. С этой целью в программу полетов человека, особенно на долговременных кораблях и станциях, включаются специальные тесты и эксперименты, позволяющие получить необходимую медицинскую информацию. К таким исследованиям относятся, например, снятие электрокардиограмм, регистрация различных физиологических показателей в покое и после дозированных физических нагрузок, измерение плотности костной ткани, изучение измерений, происходящих в сердечно-сосудистой системе, в мышечной ткани, проведение психологических тестов. Большое внимание уделяется в длительных полетах составу и эволюции микрофлоры на коже, волосах, в пищеварительном тракте, в органах дыхания. Имеются опасения, что в условиях длительного космического полета состав микрофлоры может изменяться в сторону увеличения количества болезнетворных микроорганизмов. О такой возможности говорят, в частности, случаи заболевания американских космонавтов во время полетов на космических кораблях «Аполлон» Фрэнка Бормана гриппом и Расселла Швейкарта расстройством желудка. Если опасения врачей подтвердятся, то в будущем потребуются разработка специальных средств профилактики инфекционных заболеваний среди экипажей долговременных космических кораблей.

Если в чисто медицинских исследованиях космонавт является не столько экспериментатором, сколько испытуемым, то в биологических экспериментах роль экипажа более творческая. Таких экспериментов проведено уже довольно много. Практически на всех советских кораблях, начиная с «Востоков», и на американских кораблях «Джемини» и «Аполлон» осуществлялись разнообразные биологические исследования. С Ю. А. Гагариным на «Востоке-1» отправилась в космос дрозофила — общепринятый биологический объект. На «Востоке-4» П. Р. Попович экспериментировал с дрозофилой и растениями. На «Востоке-5» В. Ф. Быковский фиксировал растительный материал. В 1970 г. на «Союзе-9» А. Г. Николаев регулировал доступ света к опытным посевам одноклеточной водоросли хлореллы. На орбитальной станции «Салют» проводились исследования по темпу и природе мутаций у дрозофилы, в клетках хлореллы и в семенах высших растений. Техническое оснащение станции позволяет ставить опыты с высокой точностью. Дрозофила, особенности размножения которой в условиях космического полета интересовали ученых, поставивших этот эксперимент, размещена в специально спроектированном термостате, условия в котором исключают влияние случайных факторов. Участие космонавтов в опыте обеспечивало повышенную надежность результатов.

Цель другого биологического эксперимента, осуществленного на «Салюте», — изучение развития головастика болотных лягушек из икринок для исследования слияния невесомости на развитие вестибулярного аппарата. У головастика формирование вестибулярного аппарата происходит примерно за четверо суток. Космонавты взяли с собой в полет оплодотворенные икринки и время от времени, согласно разработанной методике, брали пробы икринок, развивавшихся в невесомости, и фиксировали их консервирующим раствором. В таком виде икринки были доставлены на Землю для анализа их специалистами. Этот с виду несложный эксперимент является важным звеном общей цели исследований влияния факторов космического полета, в первую очередь невесомости, на развитие и функционирование живого организма на разном уровне, в том числе на клеточном.

Схожие эксперименты проводили американские космонавты с яйцами морского ежа.

Широкое проникновение «космических» методов исследований в самые различные направления современной науки, преобразующее зачастую облик и расширяющее содержание этих наук, является одним из следствий научно-технической революции наших дней. О том, насколько революционными и вместе с тем плодотворными оказываются последствия космизации традиционных наук, можно показать на примере одной из самых «земных» наук, глубоко связанных с нашей планетой и ее недрами не только своим содержанием, но даже и названием, на примере геологии. Развитие космической техники и расширение возможностей ее использования в интересах научных исследований оказывали двойное воздействие на геологическую науку. С одной стороны, происходит все большее преобразование геологии в общепланетарную науку, изучающую общие закономерности строения планет, рассматривающую планету как единое тело, состоящее из гигантских геологических структур, образований и разломов. Геологические исследования могут применяться как для изучения состава космических материалов — лунного и марсианского грунта, материалов астероидов, метеоритов, так и для специальных геологических или «планетологических» съемок.

Сейчас разработаны и успешно используются методы съемки из космоса Луны, Марса, Венеры и других планет. Такие съемки не только позволяют выявлять новые подробности рельефа планет (например, были обнаружены на Марсе кратеры, аналогичные лунным), но и служат практическим целям космонавтики, давая более точную информацию о рельефе изучаемой планеты перед посадкой на нее аппаратов. Так, перед тем как американский корабль «Аполлон» доставил на Луну космонавтов, проводилась детальная фотосъемка районов посадки с автоматических и пилотируемых кораблей, облетавших Луну. При исследовании планет это новое направление геологии, или, вернее, планетологии, очень важно. Не случайно первые образцы лунного грунта попали к геологам, изучавшим их состав. Среди научного оборудования космонавтов, побывавших на Луне, почетное место занимают геологические инструменты — буровой прибор, геологический молоток, специальный совок для сбора породы, сейсмометр и др. Возможно, что в геологии, наряду с «общепланетным» направлением, могут появиться и специальные ветви, посвященные отдельным небесным телам — селенология, марсология и т. п.

Другой аспект влияния космонавтики на геологию связан с возможностями наблюдения за Землей и ее геолого-географическими объектами из космоса с автоматических искусственных спутников и пилотируемых лабораторий. Это направление также необычайно перспективно и очень привлекательно в практическом отношении, так как служит основой создания принципиально новых методов обнаружения запасов полезных ископаемых и других природных ресурсов Земли. О всех геологических задачах, решаемых методами наблюдений из космоса, говорить, конечно, еще рано. Однако уже сейчас получены интересные данные. С помощью космических средств выявлены некоторые неизвестные ранее эффекты, сопровождающие процессы, происходящие в недрах Земли и связанные с формированием земного магнитного поля и других особенностей строения нашей планеты.

Ученые считают, что информация, получаемая с орбитальных кораблей и станций, очень важна для изучения тектонических и морфологических структур Земли, определения взаимосвязи крупных геологических элементов, исследования движения земной коры и формы залегания в ней горных пород. Данные, полученные во время полетов советских космонавтов, внесли существенный вклад в развитие геологии Земли.

В принципе, разумеется, геологическую фотосъемку земной поверхности можно делать и с автоматических спутников. Но это не всегда эффективно. Во-первых, поверхность Земли часто покрыта облачностью. Если спутник будет снимать все подряд, то большая часть кадров окажется не пригодной для геологического анализа, а поскольку запас фотопленки на спутнике ограничен, может оказаться, что за все время его полета будет собрано слишком мало полезной информации. Если же предусмотреть фотосъемку лишь свободной от облаков поверхности, то усложнится автоматическое оборудование спутника и, следовательно, снизится его надежность.



Рис. 6. Группа советских космонавтов у памятника В.И.Ленину в Кремле.
Слева направо: В.А.Шаталов, В.В.Горбатко, В.Н.Кубасов, А.В.Филипченко, В.Н.Волков,
П.И.Беляев, Г.С.Шонин, Г.Т.Береговой и А.С.Елисеев

Человек на борту орбитальной станции может решить эту задачу очень просто. Он будет выбирать для съемки наиболее подходящие участки земной поверхности. При этом он обеспечит наилучшее качество снимков, подбирая оптимальные режимы фотографирования. Кроме того, преимущество человека перед автоматикой в этих исследованиях заключается и в том, что он может одну и ту же фотоаппаратуру использовать для разных целей. Например, фотосъемка таких горных районов, как Памир, Кавказ, Гималаи, интересует не только геологов, но и гляциологов, гидрологов, геодезистов, картографов. При этом для каждой специальности наибольшую ценность представляет определенный вид фотографий — свой масштаб, участок спектра, размер кадра. Набор всех требований задать автоматике не всегда возможно из-за конструктивных, весовых или иных ограничений. Человек же может повторять съемку одного и того же участка в разных условиях, обеспечивая тем самым наибольшую ценность снимков.

Еще больше возможностей откроется перед наукой, когда в состав экипажа станции можно будет вводить ученых. Тогда геологи-исследователи, находясь на борту орбитальной лаборатории, получат уникальные условия для проведения планомерного и всестороннего изучения строения Земли, для совершенствования методов поиска полезных ископаемых. Геологические эксперименты входили в программу полета ряда кораблей типа «Союз», в программу станции «Салют». Еще в 1969 г. с кораблей «Союз-6», «Союз-7» и «Союз-8» проводились фотосъемки геологических образований на восточном побережье Каспийского моря. Через год на борту корабля «Союз-9» В. И. Севастьянов сделал большое число фотоснимков геолого-географических объектов в южных районах европейской части СССР, в Казахстане, Западной Сибири.

Кроме рассмотренных выше научных направлений, в которых накоплен уже некоторый опыт использования космических методов, существуют многочисленные разделы физики, химии и других

фундаментальных наук, где ученые начинают все больше интересоваться возможностями, открывающимися при проведении экспериментов вне Земли.

Сейчас еще трудно в полной мере не только оценить, но и даже предположить последствия подобных исследований. По-видимому, многие из исследований надолго займут место в программах полета космических станций. Во всяком случае, нет сомнения, что будущим космонавтам, которые войдут в экипаж орбитальных научных станций, предстоит разнообразная, трудная и очень нужная для науки деятельность.

Испытания новой техники

Наряду с научными и техническими исследованиями и экспериментами, которые проводит экипаж космического корабля в полете, в его обязанности входит также проведение испытаний вновь созданных или усовершенствованных приборов, систем, механизмов. В этот круг задач входит также отработка способов и приемов работы с аппаратурой в космосе, хронометраж проведения отдельных работ, оценка оптимальности конструкций кабины и пультов управления.

Экипаж космического корабля начинает принимать участие в испытаниях задолго до космического полета. Это связано с тем, что как отдельные приборы и системы, так и весь космический корабль или станция в целом проходят несколько предполетных циклов испытаний в цехах заводов и в лабораториях. Работа космонавтов в этих испытаниях строится таким образом, что они сами выступают в роли оператора, проводящего испытания. При этом каждый член экипажа проводит испытания в основном той аппаратуры, с которой именно ему придется работать во время космического полета. Поэтому уже на этапе испытаний среди членов экипажа появляется некоторая специализация, которая сохраняется и на последующих этапах подготовки.

Экипаж принимает участие и в работах, проводимых на макетах пультов, кабин и постов управления. Дело в том, что для получения оптимальных компоновок и оптимальных конструктивных решений перед созданием рабочих чертежей объектов предпринимается макетирование их, и на макетах производится сравнение различных конструктивных решений, после чего выбирается наилучшее. Экипаж принимает также участие и в наземных испытаниях полетного оборудования: полетных костюмов, обычных и нагрузочных, системы медицинских датчиков, блоков наземного аварийного запаса, в испытаниях качества бортовой пищи, питьевой воды, предметов быта и туалета.

На заключительных этапах подготовки космического корабля к полету экипаж корабля принимает участие в комплексных испытаниях корабля. Эти испытания имеют своей целью наземный «проигрыш» некоторых полетных ситуаций, причем все системы корабля на этих испытаниях реально функционируют, а многочисленные имитаторы создают полную иллюзию внешней космической обстановки. Экипаж в это время находится внутри корабля на своих рабочих местах и выполняет все те же действия, которые он будет выполнять во время реального полета. Во время проведения всех перечисленных выше типов испытаний члены экипажа внимательно следят за правильностью функционирования оборудования, высказывают свои замечания, и вместе с этим приобретают опыт работы с оборудованием, углубляют и расширяют свои знания, знакомятся с возможными отказами оборудования.

Сам по себе космический полет, в сущности, также является испытательным этапом работы, поскольку современная космическая техника имеет не серийный, а экспериментальный характер. Находясь в условиях космического полета, экипаж продолжает выполнять испытания космической техники. Для этого на орбитальной станции «Салют» была введена специальная должность инженера-испытателя; более подробно об этом будет изложено в следующем разделе. Однако не следует думать, что только инженер-испытатель занимается испытательной работой в полете и этим его функции ограничиваются. Все члены экипажа являются в той или иной степени испытателями, и все они принимают участие в управлении полетом корабля.



Особенно большой объем испытаний был проведен во время полета орбитальной станции «Салют». Экипаж космического корабля «Союз-10», а затем корабля «Союз-11» работали во многом с техникой, ранее не используемой в полетах. Полеты этих кораблей можно назвать испытательными, хотя и при других полетах «Союзов», «Восходов» и «Востоков» также был проведен большой объем испытаний.

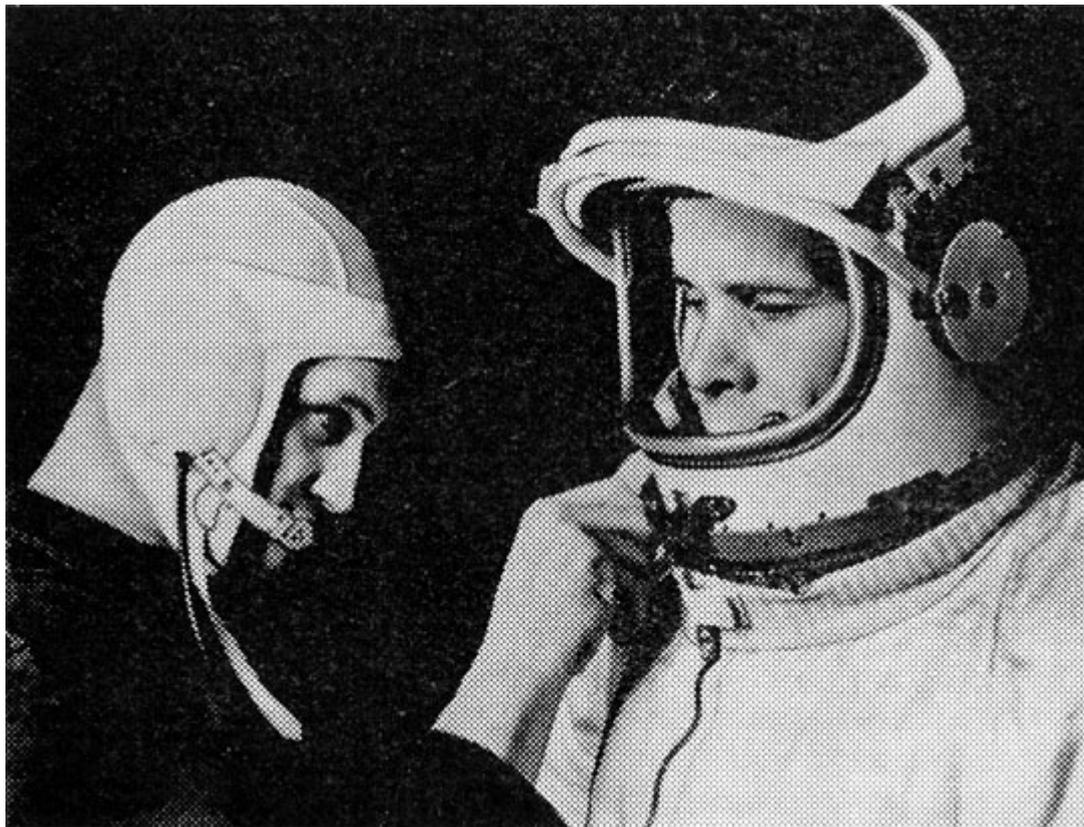


Рис. 8. Б.В.Волынов и Е.В.Хрунов на тренировочных занятиях

После завершения космического полета все результаты испытательных работ доставляются экипажем на Землю в виде кинофотодокументов, записей в бортовые журналы, записей на магнитных лентах, а также в виде образцов или проб. Эти материалы тщательно обрабатываются учеными и инженерами, составляются соответствующие отчеты и. Делаются выводы. Затем, при подготовке дальнейших полетов, эти материалы используются в работе и являются необходимым условием в деле создания надежно работающей космической техники.

Экипаж научной космической станции

Величайшим триумфом советской пилотируемой космонавтики следует считать полеты серии кораблей-спутников «Восток». Экипажи этих кораблей — от Юрия Гагарина до Валерия Быковского — вписали славную страницу в историю космонавтики. Испытательный характер полетов наложил свой отпечаток и на конструкцию кораблей, и на состав экипажей. Все корабли «Восток» — одноместные, управляемые, как правило, опытными летчиками, пришедшими в космонавтику из авиации. На данном этапе освоения космоса это было наиболее правильным решением вопроса, и объясняется оно вовсе не тем, что «грузоподъемность» корабля «Восток» не позволяла увеличить количество членов экипажа на борту: корабли типа «Восход», полеты которых были осуществлены позднее, были трехместными и двухместными, хотя они в значительной степени представляли собой модификацию кораблей класса «Восток». Дело в том, что, как уже отмечалось выше, на первом этапе освоения человеком космоса сам человек, наряду с другими системами космического корабля, проходил, если можно так выразиться, летные испытания. Проведенные испытания показали, что организм профессионального летчика после специальной подготовки достаточно удовлетворительно переносит условия космического полета.

Но этого было мало. Нужно было понять, сможет ли человек, не имеющий профессиональной летной подготовки, также успешно работать в космосе. Такая проверка впервые была предпринята в 1964 г. при полете трехместного космического корабля «Восход», в экипаж которого помимо командира корабля инженера-полковника В. М. Комарова входили также научный работник, кандидат технических наук К. П.

Феоктистов и врач Б. Б. Егоров. Оба члена экипажа — врач и научный работник — не имели профессиональной летной подготовки, а прошли лишь специальный медицинский отбор и в необходимом объеме предполетную подготовку в центре подготовки космонавтов. Весь ход полета корабля «Восход» и послеполетный анализ показали, что все члены экипажа хорошо перенесли условия космического полета. Так было установлено, что при соответствующем медицинском отборе и последующей специальной подготовке представители различных специальностей могут работать в условиях космического полета. Этот факт имел очень большое значение: увеличивалась сложность космической техники, увеличивалась роль человека в управлении кораблем, все большее и большее количество научных экспериментов выполнялось в ходе полета. Один пилот уже не был в состоянии выполнить всю запланированную программу и следить за работой многочисленных и сложных бортовых систем. Потребовалось присутствие на корабле бортового инженера, который должен был следить за работой систем корабля, отвечать за правильность их эксплуатации, принимать решения в случае возникновения отказов. Первым бортовым инженером был назначен кандидат технических наук А. С. Елисеев на корабле «Союз-5», однако фактически еще до него роль бортового инженера выполнял на «Восходе» космонавт К. П. Феоктистов. В дальнейшем в роли бортовых инженеров работали известные космонавты В. Н. Кубасов, В. Н. Волков, В. И. Севастьянов и один из авторов настоящей (Н. Н. Рукавишников). Все они перед поступлением в отряд космонавтов имели многолетний стаж работы в промышленности и являлись опытными и квалифицированными инженерами.

Таким образом, в составе пилота — командира корабля, в функции которого входило пилотирование корабля, и на котором лежала ответственность за выполнение программы полета, и бортового инженера формировался экипаж, который обеспечивал полет корабля и функционирование его систем. Кроме того, оба члена экипажа выполняли определенный объем научных исследований и экспериментов, запланированных на данный полет.

Однако с ростом количества выполняемых экспериментов появилась необходимость введения еще одного члена экипажа, который взял бы на себя основную часть научной и экспериментальной работы в полете. Этот третий член экипажа получил наименование инженера-исследователя. Так, например, в качестве инженеров-исследователей выполняли полеты космонавты Е. В. Хрунов на корабле «Союз-5» и В. В. Горбатко на корабле «Союз-7». Введение в состав экипажа инженера-исследователя являлось качественным скачком в решении вопроса формирования экипажа космического корабля. Несколько по-иному происходило формирование экипажей для работы по программе орбитальной научной станции «Салют», на которой размещалось большое количество новых систем, нового оборудования, новых научных приборов и установок. То же самое можно сказать и про корабль «Союз», выполненный в транспортном варианте для задачи обслуживания станции «Салют». Большинство новых систем ранее не эксплуатировалось в космосе, и поэтому была поставлена задача произвести специальные летные испытания нового оборудования. С этой целью в состав экипажей была введена новая должность — должность инженера-испытателя. Для работы в этой должности было подготовлено несколько опытных инженеров, имеющих многолетний стаж работы в промышленности. Среди них был и Виктор Иванович Пацаев, который на протяжении 23 суток проводил летные испытания новых систем на борту научной станции «Салют» выполнял вместе с другими членами экипажа многочисленные научные эксперименты.



Рис. 9. Космонавты В.Н.Кубасов, А.А.Леонов и Н.Н.Рукавишников на практических занятиях по наблюдению за звездным небом

Подводя итоги, можно отметить, что в настоящее время экипаж космического корабля или станции имеет, как правило, постоянное ядро, состоящее из пилота-командира и бортового инженера. Кроме того, в экипаж включаются космонавты, выполняющие различные полетные задания. Важно отметить, что подготовка экипажа ведется так, что каждый из членов экипажа может заменить любого другого и выполнить его работу. Современный космонавт должен быть, если можно так выразиться, универсалом.

Как мы представляем себе формирование экипажей в будущем? Из кого будут состоять экипажи многоместных орбитальных станций длительного существования, межпланетных космических кораблей? Нам кажется, что в эти экипажи будут входить космонавты двух категорий: команда, обеспечивающая полет, и группа специалистов выполняющих целевые задачи, возложенные на данный корабль. В первую категорию должны входить пилоты, бортовые инженеры, штурманы, специалисты по связи, врачи. Эти специалисты должны обеспечить старт корабля, его полет по орбите, все необходимые маневры в космосе и прибытие корабля в заданный район, поддержание на корабле условий, необходимых для работы персонала и обеспечения высокой надежности бортовых систем путем профилактических работ и ремонта. Во вторую категорию войдут специалисты, выполняющие работы, ради которых предпринимается данный полет.

Предложенная схема, несомненно, является весьма приблизительной. Реальная жизнь будет вносить в нее существенные изменения по мере усложнения целей и задач, стоящих перед космонавтикой.

Подготовка космонавтов к полету

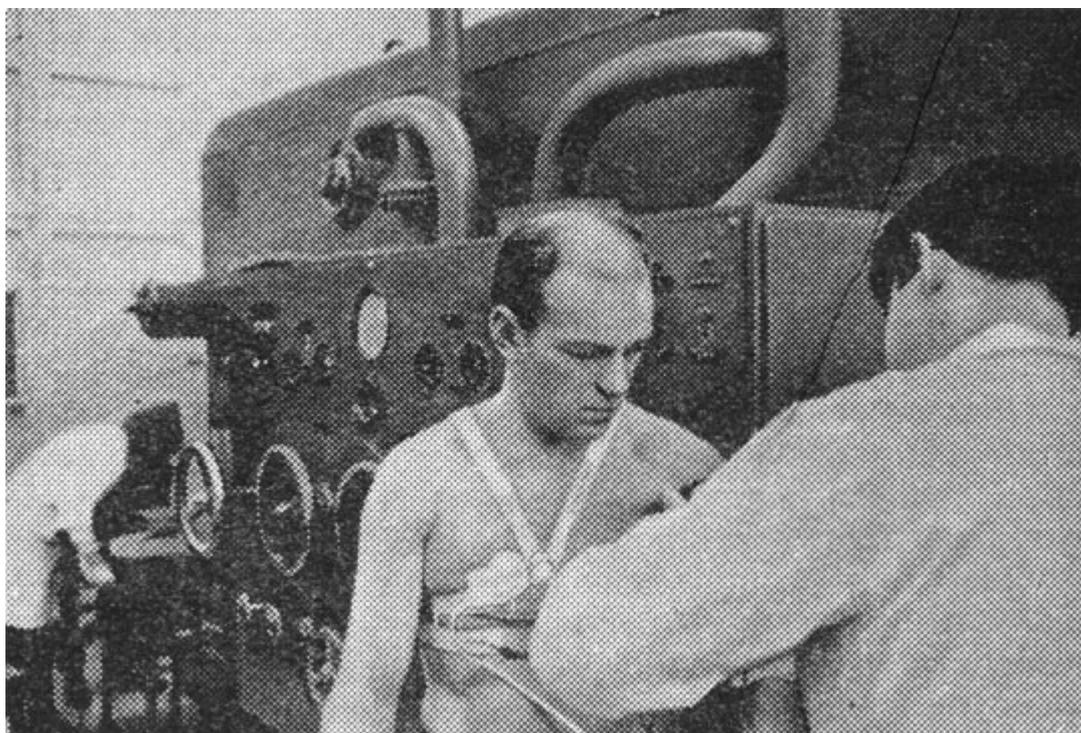
Управление современным космическим кораблем в полете, выполнение научных и технических экспериментов, проведение профилактических работ, — все это весьма не простые операции, требующие от экипажа большой и многосторонней подготовки. При составлении программы подготовки экипажа обычно придерживаются следующего принципа: каждый член экипажа должен уметь управлять космическим кораблем, уметь обслуживать штатные системы корабля, уметь производить такие операции, как маневр космического корабля, спуск с орбиты на Землю. С другой стороны, каждый член экипажа должен быть специализирован по какому-либо направлению, чтобы иметь возможность более глубоко вникнуть в задачи, которые он будет решать в полете. Однако эта специализация предполагает, что любой член экипажа должен быть в состоянии выполнить любую полагающуюся по программе работу в полете, при этом качество выполнения будет зависеть от специализации этого космонавта.

Построение программы подготовки по такому принципу приводит к тому, что современный космонавт должен быть специалистом широкого профиля, имеющим солидные знания по большому количеству

дисциплин, начиная с медицины и кончая астрономией. Кроме того, есть ряд вопросов, которые космонавт должен знать досконально, и ряд операций, которые он должен уметь выполнять четко, вплоть до автоматизма. В основном это вопросы, касающиеся устройства и функционирования жизненно важных систем корабля, и операции по управлению кораблем и его системами на различных этапах полета. В связи с этим подготовка космонавтов к полету делится на несколько этапов. Прежде всего, существует так называемая общекосмическая подготовка, которая проводится с составом, ранее не участвовавшим в подготовке к космическим полетам. Сюда относятся подготовка по таким дисциплинам, как механика космического полета, космическая навигация, общие принципы устройства космических летательных аппаратов, астрономия, география, метеорология, космическая биология и медицина и т. д. Как правило, подготовка ведется в форме лекций и практических занятий с последующей сдачей зачетов и экзаменов.

Следующим этапом подготовки является так называемая техническая подготовка. Этот этап начинается после того, как сформированы экипажи для работы по определенной программе, например, по программе орбитальной станции «Салют». На этом этапе будущие участники полетов знакомятся с материальной частью. Занятия проходят в виде лекций и семинаров и проводятся ведущими специалистами по различным системам космического корабля. Кроме этого, с космонавтами ведутся практические занятия на предприятиях, изготавливающих отдельные узлы и приборы космического корабля, в сборочных цехах, на стендах и испытательных площадках. Будущие участники космического полета принимают участие в проектировании систем, составлении программы полета, выпуске бортовой полетной документации, присутствуют на технических совещаниях. Этот этап подготовки также заканчивается зачетами и экзаменами.

Одновременно экипажи проходят так называемую летно-космическую подготовку. Сюда относятся занятия на различного рода тренажерах и стендах, имитирующих будущую работу в космосе. В качестве примера можно назвать такие стенды, как стенд ручной ориентации корабля, имитирующий всю динамику движений корабля посредством аналого-цифрового вычислительного комплекса или стенд ручного управления сближением транспортного корабля и орбитальной станции. Количество стендов, на которых производится подготовка к полету, может достигать нескольких десятков. К этапу летно-космической подготовки следует отнести тренировочные полеты на самолетах, парашютные прыжки, отработку действий экипажа после приземления или приводнения (посадки на водную поверхность) космического корабля в условиях различных климатических поясов. Однако основным видом занятий на этапе летно-космической подготовки космонавтов являются тренировки на так называемом комплексном тренажере. Это сооружение представляет собой точную копию (макет) космического корабля, к полету на котором идет подготовка. На этом макете корабля предусмотрена имитация всех систем управления, сигнализации и индикации, а также имитация космической обстановки, окружающей корабль. Тот, кто находится в кабине управления в этом тренажере, в иллюминаторы кабины может наблюдать Солнце, звездное небо и поверхность Земли. При включении, например, системы ручной ориентации и при поворотах ручки управления положением корабля в пространстве, все эти наблюдаемые в иллюминаторы объекты начинают смещаться, причем именно туда и именно с такими скоростями, как это будет происходить в реальном полете. Во время занятий на космическом тренажере экипаж отрабатывает все основные операции, производимые в полете, от старта до посадки космического корабля.



Отдельно следует выделить медико-биологическую подготовку космонавтов. Сюда относятся регулярные периодические медицинские обследования экипажей, тренировки на специальных стендах, определение отношения организма к дискомфортным условиям и специальным лекарственным препаратам. Сюда же следует отнести подготовку экипажей к работе со специальными средствами, позволяющими переносить условия космического полета в течение длительного времени. Такими средствами, например, являются различного рода нагрузочные и тренировочные костюмы, стенды типа бегущей дорожки, средства личной гигиены. Кроме того, необходимо изучить способы само- и взаимопомощи, а также бортовую регистрирующую медицинскую аппаратуру и аппаратуру радиационного дозиметрического контроля. По этим разделам подготовки экипажи также сдают экзамены. На протяжении всех перечисленных выше этапов экипажи проходят усиленную физическую подготовку. Основная цель ее — обеспечить гармоничное развитие всех систем человека: тренированные мышцы, достаточную выносливость закаленное сердце и высокие морально-волевые качества. Этот вид подготовки производится опытными преподавателями физкультуры на специальной спортивной базе имеющей все необходимое оборудование.

В заключение следует остановиться на еще одном очень важном этапе подготовки — на подготовке к выполнению в полете научных и технических экспериментов и исследований. Этот этап является весьма значительным по объему занятий. Например, количество научных экспериментов которые проводились на станции «Салют», было около ста. Если учесть, что почти каждый такой эксперимент имеет свою аппаратуру, свою программу и методику выполнения, то становится очевидным весь объем подготовки, который необходимо пройти космонавтам чтобы изучить все эксперименты. На данном этапе космонавты имеют тесный контакт с учеными, которые разрабатывали этот эксперимент. Космонавты занимаются на учебных установках и стендах, слушают лекции выезжают на подготовку в различные научные организации, много времени уделяют наблюдениям в различных обсерваториях страны, участвуют в составлении и оформлении бортовой эксплуатационной документации. После прохождения подготовки по всем перечисленным выше этапам экипажи сдают один общий сводный экзамен, который принимает специально создаваемая государственная комиссия. На этом экзамене могут быть затронуты любые темы, имеющие отношение к предстоящему полету.

И, наконец, в заключение всей подготовки экипажи проходят последнее испытание — так называемую комплексную зачетную тренировку. Эта тренировка проводится на комплексном тренажере, длится несколько часов или десятков часов и включает в себя выполнение всех основных этапов полета, т. е. полет проигрывается на Земле по основным своим этапам. При этом условия полета по возможности полностью имитируются, за исключением невесомости, создать которую на Земле невозможно. Выполнение этого учебного полета контролируется государственной комиссией, по указанию которой в нормальную работу тренажера могут вводиться различного рода неисправности, имитирующие возможные отказы в полете. Экипаж обязан фиксировать эти неисправности, искать и находить средства борьбы с ними.

После проведения комплексной зачетной тренировки, при условии успешного ее выполнения, и после сданных зачетов и экзаменов по всем необходимым дисциплинам, государственная комиссия принимает решение о готовности экипажа и о допуске его к выполнению космического полета.



Рис. 11. Экипаж космического корабля «Союз-10» А.С.Елисеев, В.А.Шаталов и Н.Н.Рукавишников

Очевидно, что, поскольку в настоящее время объем предполетной подготовки космонавтов чрезвычайно велик, успешно справиться с ним могут только всесторонне подготовленные, физически развитые, хорошо тренированные специалисты широкого профиля. Однако нет сомнений, что в будущем, по мере совершенствования космической техники, облегчения условий деятельности на космических кораблях, в космическом полете смогут принимать участие не только космонавты-профессионалы, но и ученые различных узких направлений. Тогда, по-видимому, объем предполетной подготовки будет сокращен и состав подготовительных занятий и тренировок изменится.

Взгляд в будущее

Пилотируемые космические средства, очевидно, будут развиваться по трем основным направлениям: долговременные орбитальные станции, многоместные базы для всестороннего исследования и освоения Луны и дальние космические корабли, предназначенные для экспедиций к Марсу, Венере и другим планетам Солнечной системы. Кратким обзором этих направлений мы и закончим наше повествование.

Орбитальные базы-станции. В июне 1971 г. запуск советской долговременной орбитальной станции «Салют» ознаменовал начало нового этапа развития космонавтики — этапа освоения околоземного космического пространства и глубокого исследования Земли из космоса.

Академик Б. Н. Петров говорил, что если в первое десятилетие была доказана возможность полета человека в космос и работы в нем, то второе десятилетие будет периодом планомерной исследовательской работы человека с помощью космических орбитальных лабораторий. Действительно, нельзя перейти к освоению Луны и дальнего космоса, не решив ряд первоочередных «земных» проблем, не создав и не отработав новых образцов космической техники на околоземных орбитах.

Очевидно, что как советская орбитальная станция «Салют», так и выведенная на орбиту в мае 1973 г. американская станция «Скайлэб» являются лишь одними из первых шагов на пути освоения околоземного космоса. Будущие орбитальные станции будут совсем непохожи на современные космические корабли. Прежде всего, они будут многоместными. Их экипаж будет состоять из команды, обслуживающей бортовые служебные системы и обеспечивающей необходимые маневры, и группы специалистов, решающих научные и народнохозяйственные задачи. В команду станции, кроме командира экипажа, будут входить два—четыре инженера, специалисты по электронным системам, системам жизнеобеспечения, радиотехническим средствам и другим бортовым системам. Кроме того, возможно, что в состав экипажа войдет врач для проведения медицинских обследований и оказания необходимой помощи. В научную группу, возглавляемую ученым — руководителем общей научной программы, войдут 10—15 специалистов по различным отраслям науки и народного хозяйства. Первое время, по-видимому, функции командира

экипажа и научного руководителя полета будет выполнять один человек, постоянно находящийся на станции, остальные члены экипажа могут заменяться. Частота смены будет различной для разных специалистов.

Изменится по сравнению с современными кораблями внешний вид орбитальной станции. На ней будет несколько изолированных помещений, каждое из которых будет представлять собой своего рода самостоятельную лабораторию: медико-биологическую, астрономическую, технологическую, метеорологическую и т. п. В этих лабораториях космонавты-исследователи будут проводить запланированные эксперименты либо лично, либо с помощью автоматической научной аппаратуры, обслуживание которой будет входить в их обязанности. Для отдыха, сна, принятия пищи, выполнения гигиенических и физкультурных процедур предполагается соорудить в составе станции специальный жилой блок со спальными местами, кают-компанией и бытовыми помещениями. Этот блок будет своеобразной гостиницей для команды и прибывающих на станцию ученых. Таким образом, будущая орбитальная станция будет выполнять функции космического научного центра, имеющего отдельные экспериментальные лаборатории и установки. Некоторые лаборатории могут быть выполнены в виде отдельных самостоятельных конструкций-модулей, которые смогут отходить от основной базы-станции, переходить на другую траекторию и возвращаться к базе после выполнения определенного цикла задач.

В составе орбитального научного центра могут быть не только научные лаборатории, но и технические, а также технологические модули. Так, один из модулей можно приспособить для отработки и испытания элементов, систем, а может быть, даже целых отсеков перспективных космических кораблей, например межпланетных. Оснащение испытательного модуля совершенной измерительной техникой и участие в испытаниях опытных инженеров-испытателей позволит значительно ускорить процесс доведения новых космических систем до необходимого высокого качества и снять с других пилотируемых кораблей задачи испытания систем.

Целесообразно также иметь на орбите обитаемый модуль, в котором проводились бы исследования по определению наивыгоднейших режимов эксплуатации космической техники и сроков проведения профилактических и регламентных работ.

Постоянная научная станция на околоземной орбите позволит обеспечить непосредственное участие многих ученых в проводимых исследованиях, поскольку бригады специалистов могут неоднократно обновляться. С помощью транспортных кораблей может заменяться научное оборудование, пополняться запасы продуктов, технологических веществ, фото- и киноплёнки и т. д.

Несомненно, что для поддержания высокого уровня исследований космонавты-профессионалы, входящие в нее, тоже будут заменяться дублерами, а сами отправляться для отдыха на Землю. Вероятно, настанет и такое время, когда все космонавты начнут проходить практику космической работы на орбитальных станциях в качестве дублеров основной команды или стажеров.

Лунные базы. Для решения задач освоения Луны на поверхности будут создаваться долговременные лунные базы. Экипаж лунной базы основную часть своей деятельности будет проводить за пределами базы, непосредственно на Луне. Внутри базы будет производиться лишь обработка материалов наблюдений, предварительное изучение образцов лунного грунта, связь с Землей и отдых. Основная работа космонавтов на Луне — проведение геологических, геодезических, картографических съемок, изучение грунта и особенностей строения лунной поверхности. Кроме того, в программу исследований на лунных базах будут включаться астрономические наблюдения за Землей, Солнцем и другими небесными телами. Наблюдения с Луны за Землей будут существенно дополнять данные, получаемые с орбитальных станций. Для этого могут использоваться как обычные астрономические приборы, так и радиотелескопы, размещаемые на поверхности.

Кроме научных исследований, экипажу лунной базы придется работать на строительстве различных сооружений на поверхности Луны. Первоначально строительный материал для них будет завозиться с Земли в виде сборных конструкций и панелей пленочного типа. Предполагается, что в лунных сооружениях найдут широкое применение надувные конструкции, поскольку требования к прочности на Луне значительно меньше, ввиду небольшой, по сравнению с Землей, силой тяжести и отсутствия ветровых и других нагрузок, связанных с атмосферой.

В дальнейшем в качестве строительного материала может использоваться лунный грунт либо в своем первоначальном виде, либо после соответствующей обработки (плавления, спекания и т. п.).

Первые лунные поселения будут организовываться, видимо, по типу арктических и антарктических станций. В состав их экипажа будут входить специалисты трех групп: команда, обслуживающая системы базы и обеспечивающая доставку с Земли на Луну и обратно ее персонала; строители-монтажники и научные работники, осуществляющие выполнение научной программы.

Конструктивное решение лунных баз сейчас предпринять невозможно. Существуют, например, разные проекты, описанные в зарубежной литературе:

1. Моноблочная многоместная база с экипажем 10—20 человек и с многочисленными автоматическими лунными станциями, периодически посещаемыми и обслуживаемыми персоналом базы. Время существования такой базы 1—2 года.

2. База, состоящая из нескольких небольших обитаемых станций с экипажем по 2—3 человека и с временем существования 2—4 месяца. После окончания работ экипаж каждой станции будет возвращен на землю, а сама станция законсервируется и станет или совсем необитаемой, или будет посещаться экипажами других станций. Научное оборудование, оставляемое на станции, будет продолжать работать в автоматическом режиме.

3. База, заглубленная в лунный грунт. Очевидно, сначала появятся отдельные небольшие станции, а впоследствии постепенно будут формироваться и многоместные базы.

Поскольку основная деятельность экипажей лунной базы будет осуществляться за ее пределами, в проектах большое внимание должно уделяться автономным системам жизнеобеспечения.

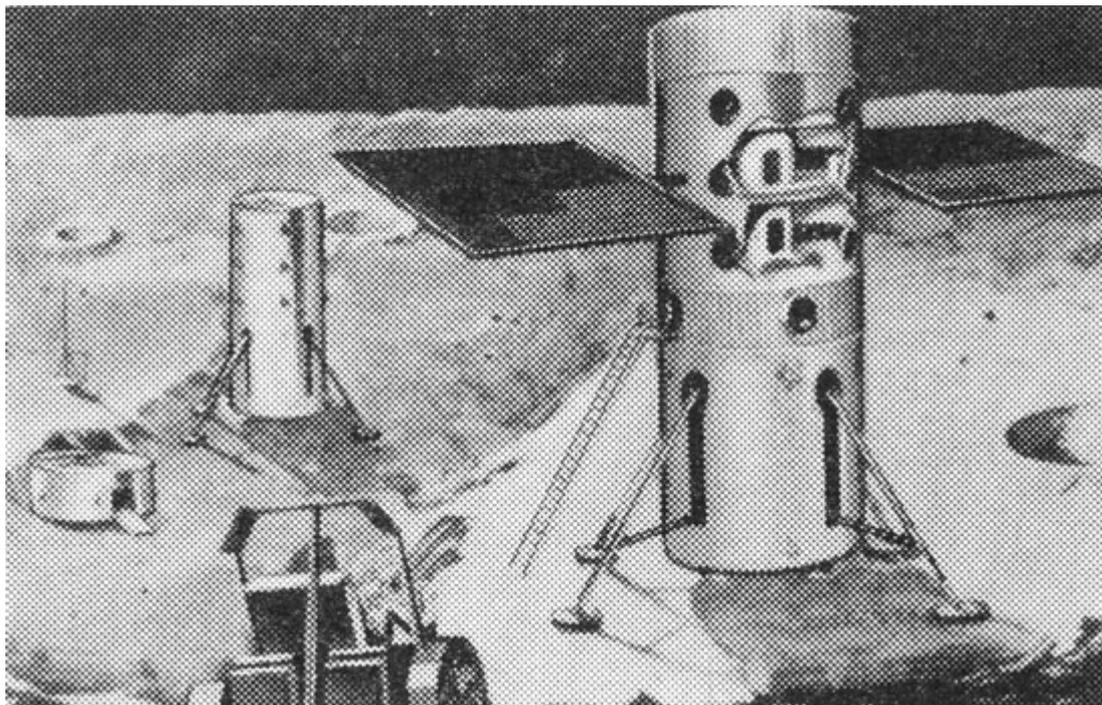


Рис. 12. Проект долговременной многоместной лунной базы (США)

Наиболее простое решение, примененное в американской программе «Аполлон», — создание скафандров со сменной ранцевой системой жизнеобеспечения — накладывает ограничения на дальность удаления космонавтов от базы и на общее время работы, так как длительное ношение скафандров невозможно. Существуют и другие пути, например использование подвижных луноходов с герметической кабиной, в которой размещается стационарная система жизнеобеспечения. Находясь в кабине лунохода, космонавты могут исследовать обширные площади, удаляясь от базы на 100—200 км. Рабочие операции по бурению грунта, проведению сейсмических экспериментов, по сбору образцов они могут выполнять, не покидая кабины, с помощью дистанционных манипуляторов. В случае острой необходимости может предусматриваться кратковременный выход из лунохода в облегченном скафандре. Интересно, что в некоторых проектах предлагается вместо луноходов на колесном или гусеничном ходу использовать луноходы на воздушной подушке и лунолеты с ракетными двигателями. Расчеты показывают, что вследствие небольшой силы тяжести на Луне такие аппараты могут иметь большую дальность, чем обычные луноходы, и в ряде случаев будут более экономичными.

Межпланетные корабли. Организация межпланетной экспедиции — задача значительно более трудная, чем создание орбитальных и лунных станций, поэтому осуществление такой экспедиции — дело далекого будущего. Предстоит решение ряда сложных медико-биологических и технических проблем, прежде чем будут созданы космические корабли, достаточно надежные для обеспечения безопасности полета человека в течение нескольких лет, и с приемлемыми для современных ракет-носителей весовыми характеристиками. Ввиду большой продолжительности межпланетного полета главная проблема — обеспечение здоровья космонавтов. Для этого, прежде всего, должны быть решены вопросы защиты экипажа от губительного действия космической радиации и создания на борту корабля искусственной силы тяжести. Отработка способов решения этих проблем будет проведена на орбитальных станциях.

Экипаж первых межпланетных космических кораблей будет небольшим — 4—6 человек. Основная задача экипажа в полете — обеспечение работоспособности всех систем, а после посадки на планету

назначения — проведение заданной программы научных исследований. Во время полета, кроме обслуживания корабля, экипаж может решать и разнообразные научные задачи, хотя состав научной аппаратуры для этих целей при первых экспедициях будет, по-видимому, весьма ограниченным.

Первой планетой, к которой будет послана экспедиция, будет, вероятно, Марс. В этом вопросе мнение почти всех специалистов единодушное. Характер работы космонавтов на Марсе аналогичен работе на лунных базах (изучение поверхности, сбор образцов грунта, картографирование), с той лишь разницей, что физические условия на этой планете сильно отличаются как от лунных, так и от земных и космонавтам могут встретиться самые неожиданные явления.

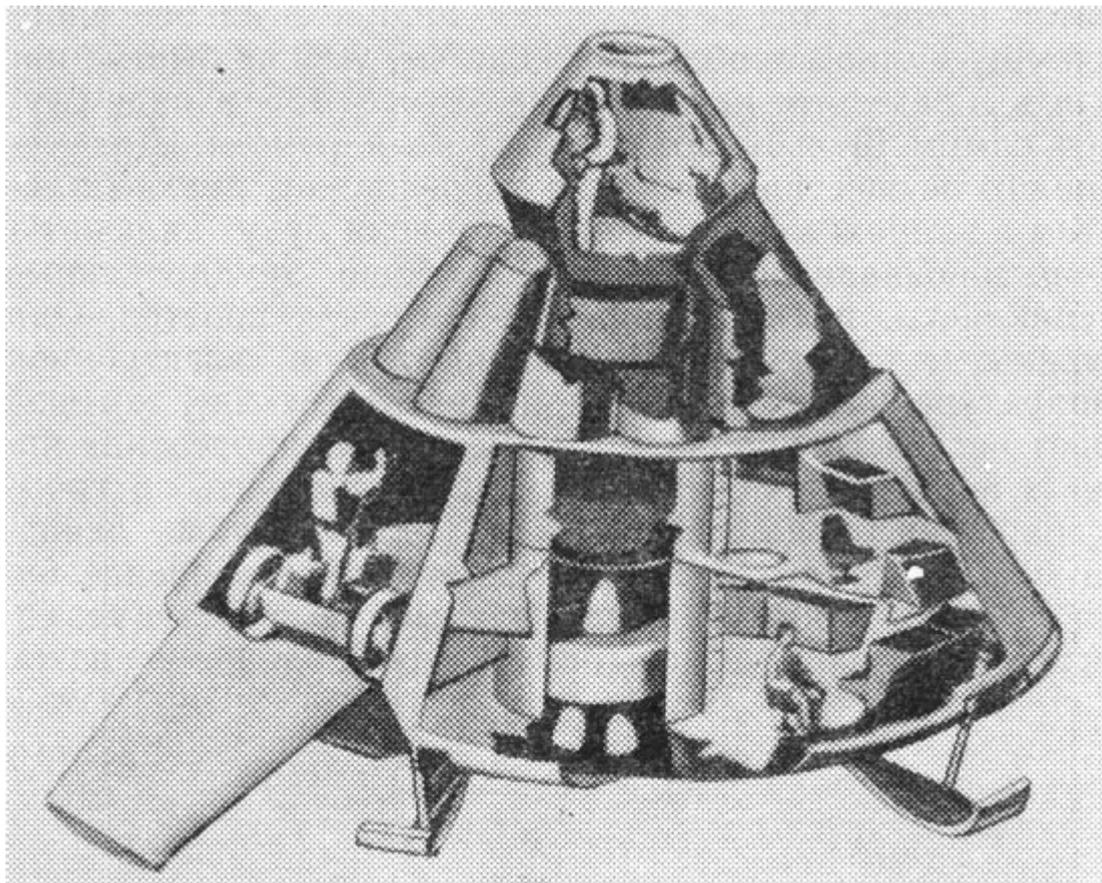


Рис. 13. Проект корабля для экспедиции на Марс с посадкой на планету (США)

Для обеспечения защиты экипажа от космической радиации разрабатываются различные способы радиационной защиты космонавтов путем создания вокруг корабля плазменного облака мощных магнитных или электрических полей, ослабляющих воздействие космической радиации на жилые отсеки корабля.

Из технических проблем, кроме разработки средств создания искусственной силы тяжести и радиационной защиты, важными являются проблемы бортовой энергетики и управления полетом, проблемы, связанные с разработкой высокоэффективных долговременных систем жизнеобеспечения, передачи возможно большего объема научной информации с корабля на Землю и другие. Но самой серьезной проблемой, бесспорно, будет обеспечение высокой надежности бортовых систем. В поддержании всех агрегатов, размещенных на межпланетном корабле, в состоянии постоянной работоспособности центральная роль будет принадлежать экипажу. От космонавтов потребуются безупречное знание всех особенностей устройства корабля и его систем, умение быстро находить и заменять неисправные элементы, а в ряде случаев самим производить необходимый ремонт. Для успешного осуществления задач экспедиции к другим планетам в экипаж межпланетного корабля будут включаться высококвалифицированные, хорошо эрудированные специалисты, имеющие опыт космических полетов. Они должны не только хорошо разбираться в электронной аппаратуре, вычислительной и другой технике, которой будет насыщен корабль, но и иметь опыт проведения научных исследований, чтобы успешно выполнить программу работ на планете назначения. При подготовке экипажа межпланетного корабля немаловажное значение будут иметь и такие факторы, как морально-волевые качества и психологическая совместимость членов экипажа.

1. **Севастьянов В. И.** Космос — человеку. — «Вестник АН СССР», 1971, № 4.
2. **Альвен Х.** Стратегия космических исследований. Доклад при вручении Нобелевской премии. — «Вестник АН СССР», 1972, № 5.
3. **Кондратьев К. Я.** Спутники и проблема природных ресурсов Земли. М., «Знание», 1971.
4. **Келдыш М. В.** Выступление на пресс-конференции, посвященной итогам полета космического корабля «Союз-9». — «Правда», 1970, .10 июля.
5. **Соловьев С. А.** Методы предсказания цунами. — «Вестник АН СССР», 1972, № 5.
6. **Parker P. I.** Benefits of Space, 1968, № 9, № 10.
7. **Севастьянов В. И.** Научные и технические эксперименты на борту «Союз-9». — «Вестник АН СССР», 1970, № II.
8. **Арцимович Л. А.** Будущее принадлежит астрофизике. М.—Л., «Природа», 1972, № 9.
9. **Петров Б. Н.** «Проблемы мира и социализма», 1971, № 4.
10. **Петров Г. И.** Развитие космических исследований. — «Вестник АН СССР», 1969, № 5.