

О. Г. ГАЗЕНКО
И. Д. ПЕСТОВ
В. И. МАКАРОВ

ЧЕЛОВЕЧЕСТВО И КОСМОС



О
Г
Г
А
З
Е
Н
К
О
И
Д
П
Е
С
Т
О
В
В
И
М
А
К
А
Р
О
В
Ч
Е
Л
О
В
Е
Ч
Е
С
Т
В
О
И
К
О
С
М
О
С



ЧЕЛОВЕЧЕСТВО
НА РУБЕЖЕ
XXI ВЕКА

«НАУКА»

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

Серия «Человечество на рубеже XXI века»

О. Г. ГАЗЕНКО

И. Д. ПЕСТОВ

В. И. МАКАРОВ

ЧЕЛОВЕЧЕСТВО И КОСМОС

Ответственный редактор
доктор медицинских наук
Н. Н. ГУРОВСКИЙ



МОСКВА «НАУКА» 1987

ББК 39.6

Г 14

УДК 629.78

Рецензент

доктор медицинских наук

С. А. ГОЗУЛОВ

Г14 Газенко О. Г., Пестов И. Д., Макаров В. И. Человечество и космос.—М.: Наука, 1987.— 272 с. 28 ил.— (Серия «Человечество на рубеже XXI века»).

В книге показаны этапы, рубежи, темпы и тенденции развития космонавтики. Большое место уделено медико-биологическим аспектам освоения космоса. Приведены основные итоги медицинских, биологических и инженерно-психологических исследований в полетах. Прогнозируются варианты биологической эволюции человека в связи с расселением значительной части популяции вне Земли. Дан обзор возможных моделей освоения космоса. Оценивается преобразующее влияние космических программ на природу, экономику и общественные отношения. Отмечена роль международного сотрудничества в мирном освоении космического пространства. Обоснована значительная роль космонавтики в решении глобальных проблем современности.

ББК 39.6

На рубеже космического века
соединились, временность круша,
мятежное сознание человека
и космоса безбрежная душа!

А звезд неодолимое сиянье
опять слепит глаза земных детей.
Все дальше и опасней расстоянья,
а люди нам все ближе и родней.

В. Костров

ВВЕДЕНИЕ

Среди выдающихся научно-технических достижений XX в. освоение человеком космического пространства несомненно войдет в историю как событие эпохальное. Оно означает качественно новую ступень развития цивилизации — прорыв человечества в просторы Вселенной, открывающий перед ним захватывающие перспективы в сфере научных исследований, в экономике, в решении социальных проблем.

Познавая окружающий мир, человек очень рано оценил зависимость многих природных явлений и самой жизни от солнечного света, тепла, от движения Солнца, Луны и других небесных тел. Картина звездного неба, доступная наблюдению невооруженным глазом, на всех этапах становления и развития человеческого общества была для людей таким же неотделимым элементом окружающей их среды, как земля, вода, воздух, как другие обитатели нашей планеты, как все, что способствовало процветанию жизни или ограничивало темпы и сферы ее распространения. Но открытый для живого созерцания космос таил в себе много необъяснимого, таинственного, а порой и наводящего ужас. Недостаток знаний о нем компенсировался фантастическими домыслами и, не будучи в состоянии выйти за пределы своего скромного житейского опыта, человек переносил в воображаемое царство небесное необычные сочетания хорошо знакомых ему образов, предметов и явлений: сказочные по красоте и изобилию райские сады; человекоподобные божества, наделенные всемогуществом и удивительной способностью невесомо парить в пространстве.

Фантазия явилась первым «инструментом» проникновения в глубины космоса в попытках его познания. Если пренебречь богословскими концепциями, на почве которых преимущественно произрастали подобные фантазии, то в гипотетической картине освоения космоса можно обнаружить зачатки представлений о том, как и во имя чего оно может происходить: освобождаясь от земного притяжения, продолжить путь к новым мирам, новым безграничным возможностям и всемогуществу.

В эпоху научно-технического прогресса фантастические проекты освоения человеком космического пространства стали предметом широко развитого художественного творчества, специфическим литературным жанром, повествующим о путешествиях с помощью уже ставших реальностью ракет, звездолетов с ядерными, фотонными двигателями, а также посредством «протыкания», «свертывания» пространства, «нуль-переходов», иных экзотических способов. Отдавая должное творческому воображению человека, которое явилось питательной средой строгого естественнонаучного подхода к освоению космоса, нельзя не упомянуть о том, что оно затронуло и сферу поэтического творчества.

Открылась бездна, звезд полна;
Звездам числа нет, бездне — дна...
Уста премудрых нам гласят:
Там разных множество светов;
Несчетны солнца там горят,
Народы там и круг веков...

М. В. Ломоносов

Первые шаги научного познания Вселенной следует, вероятно, связывать с периодом систематических наблюдений движения небесных тел, начатых 3—4 тысячелетия назад. На основе этих наблюдений были установлены закономерности сезонных колебаний, крайне важные для земледелия и скотоводства, разработаны первые календари, составлены первые астрономические таблицы, пригодные для навигации. Период накопления знаний о Вселенной находился под контролем церкви, и среди древних астрономов Китая, Египта, Вавилонии доминировали служители религиозных культов. В связи с этим картина мироздания базировалась не столько на объективных методах познания Вселенной, сколько на идеалистических версиях.

В формировании материалистического представления о мире весьма плодотворным периодом явилась середина первого тысячелетия до нашей эры, когда трудами греческих астрономов, философов и мыслителей была опровергнута версия о сотворении мира богом (Гераклит Эфесский, Демокрит), открыта шарообразная форма Земли (Пифагор, Аристотель), высказана мысль о двойном движении Земли — вокруг Солнца и вокруг своей оси (Аристарх Самосский).

Однако господствующее распространение в Древней Греции получила геоцентрическая система мироздания. В соответствии с ней все небесные тела вращались вокруг неподвижной Земли по круговым орбитам или по сферам. Модель мира математика Евдокса Книдского содержала 26 сфер, а модель Аристотеля — уже 56 сфер. Наиболее полно геоцентрическая система мира была разработана Клавдием Птолемеем, построившим на основе так называемых эпициклов новые схемы движения планет, позволявшие вычислять их положение на небе в разные моменты времени. Система Птолемея просуществовала до средних веков, хотя более точные результаты наблюдений за движением небесных тел вызывали сомнения в ее правильности. И лишь в 1543 г. с выходом в свет работы великого польского ученого Николая Коперника «Об обращении небесных сфер» утвердилась новая, гелиоцентрическая система мира.

Коперник и его выдающиеся последователи Джордано Бруно и Галилео Галилей показали, что Земля, подобно другим планетам, обращается вокруг Солнца; звезды — такие же светила, как Солнце; они окружены планетами, населенными, как считал Д. Бруно, разумными существами. Изобретенный в 1609 г. Г. Галилеем телескоп способствовал решительному утверждению материалистических представлений о Вселенной, disproвержению религиозных догм. Большой вклад в развитие системы мира Коперника внес Иоганн Кеплер, открывший законы движения планет: эллиптическую форму планетных орбит; зависимость скорости движения от положения планет на орбите, а также связь между расстояниями планет от Солнца и периодами их обращения вокруг него.

Но творческая мысль ученых не могла удовлетвориться описанием лишь характера движения планет и стремилась выяснить сущность этого движения, причи-

ны того, что планеты удерживаются на своих орбитах, а не разлетаются в разные стороны. Огромный вклад в учение о небесной механике, о строении Вселенной, а также в целом, в естествознание внес Исаак Ньютон, открывший закон всемирного тяготения и придавший законченный вид гелиоцентрической системе мироздания.

Восходя по ступеням познания, человечество особенно далеко продвинулось в понимании строения и эволюции Вселенной на протяжении последних ста лет. Этот путь отмечен фундаментальными астрономическими открытиями, возникновением космологических гипотез, разработкой революционизирующих теорий.

Но извечная мечта человечества о полетах в космос так и оставалась уделом фантастов до тех пор, пока на рубеже XIX и XX вв. не расцвел талант великого ученого Константина Эдуардовича Циолковского, заложившего основы современной космонавтики. Разработав теорию реактивного движения, ряд принципиальных требований к созданию ракетной техники, к системам, обеспечивающим жизнедеятельность экипажа, К. Э. Циолковский гениально предвосхитил реальные пути, методы и стратегию освоения человеком космического пространства.

И вот наступил момент, когда наряду с вечной спутницей — Луной — вокруг Земли закружили маленькие «Луны» — первые искусственные спутники Земли, испускающие радиосигналы. И первые смельчаки — представители человеческого племени — устремились по разным орбитам за пределы земной атмосферы. Число людей вне Земли все возрастает, и продолжительность их пребывания в космосе увеличивается (см. Приложение). Контролируемые ими аппараты во все возрастающем количестве вырываются из сферы земного притяжения и направляются к Луне, Марсу, Венере, Меркурию, Юпитеру, Сатурну.

Представляется закономерным, что нашей Родине принадлежат пионерские шаги в освоении космического пространства. Никогда не сотрется в памяти поколений 4 октября 1957 г., когда первый советский спутник своими сигналами возвестил о начале космической эры в истории человечества. Никогда не будет забыто ясное утро 12 апреля 1961 г., когда Ю. А. Гагарин на корабле «Восток» выполнил исторический виток вокруг Земли.

Освоение космоса — не кратковременная кампания. В новой редакции Программы Коммунистической партии Советского Союза оно рассматривается как одна из важных задач, которую должна обеспечить наука в интересах совершенствования социализма и постепенного перехода к коммунизму. В этом содержится признание огромной революционизирующей роли космонавтики в ускорении достижения намечаемых экономических и социальных целей, в духовном развитии общества.

Подобно тому, как это было в эпоху Магеллана и Колумба, вступление человечества в новые пределы открывает перед ним новые возможности, переводит его на новую ступень развития. Вновь стремительно устаревают и рушатся представления, бывшие неизменными на протяжении десятков и сотен лет. Бурный поток людей и образов, порожденных космической эпохой, сметает на своем пути все отжившее, надуманное, несоответствующее духу времени. Ощутимым становится и экономический эффект освоения космического пространства.

Космонавтика как бы придает ускорение земной цивилизации. В значительной мере это ускорение определяется воздействием ее на решающий фактор всех перемен — человека. Трудно переоценить мировоззренческое значение космических полетов, побудивших людей по-новому осмыслить не только место Земли, но и свое место в бесконечной Вселенной.

Космонавтика — это будущее человечества. Она оказывает все большее воздействие на формирование облика земной цивилизации. Поэтому любые попытки заглянуть в ХХІ в. будут успешны только в случае полного и объективного учета существующих тенденций в освоении космоса. С другой стороны, многие контуры действительности грядущего столетия закладываются уже сегодня при перспективном планировании космических миссий.

Но прогнозирование и перспективное планирование освоения космоса утрачивают точки отсчета, если абстрагируются от реального человека, его стремлений, нужд и потребностей — духовных и биологических. Известная истина «человек — мера всех вещей» со вступлением в космическую эру звучала как никогда актуально. Эта истина совершенно конкретно выражается в практике пилотируемых орбитальных полетов, при подготовке и осуществлении которых речь идет о

длительном пребывании и эффективной деятельности посланцев Земли за пределами биосферы, в условиях воздействия факторов, не встречающихся ранее на магистральном пути биологической эволюции. Эта истина проявляется при анализе иерархии целей освоения космического пространства, разветвленное «древо» которой причинно обусловлено научными, экономическими и социально-политическими потребностями людей. И, наконец, эта истина воплощена в прогнозах, футурологических моделях и концепциях, в обеспечение которых будут строиться и осуществляться планы преобразования достигаемых сфер космоса — для человека, во имя человека!

I. ПОКОРЯЕМЫЙ КОСМОС

Научные цели исследования и освоения космического пространства. Развитие комплекса наук о Земле, Вселенной, небесных телах, комплекса биологических и прикладных наук; продолжение эпохи великих географических открытий

Пыные, когда человечество находится на рубеже ХХI в., среди разнообразных тенденций его развития выделяется и наполняется новым смыслом все та же древняя и вечно юная — покорение пространства. И если когда-то воплощением понятия «свобода» казался полет птицы, то что бы сказали наши предки о полетах орбитальных и межпланетных?! Такие полеты — явь сегодняшнего дня. Они открывают недоступные прежде перспективы проведения научных наблюдений и исследований. И совершенно естественно, что программы беспилотных и пилотируемых космических полетов вот уже в течение почти 30 лет насыщены разнообразными научными задачами.

Нелегко (а может быть, и невозможно) дать исчерпывающую классификацию всем ветвям и точкам роста «древа» научных целей космонавтики. Тем не менее к основным его направлениям относятся следующие.

1. Фундаментальные исследования в космосе: развитие чистой науки, использование космических средств и методов для открытия и познания наиболее общих, универсальных принципов и закономерностей; использование Вселенной как гигантской естественной лаборатории.

2. Прикладные исследования в космосе: исследование возможностей космических средств и методов для решения практических задач; изучение Земли и небесных тел и их природных ресурсов для использования в нуждах народного хозяйства; научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по разработке технологических процессов, включающих факторы и условия, специфичные для космоса.

Науки о космосе и ранее представляли широкие возможности для выработки и формирования правильного материалистического мировоззрения. Для наших

современников эти возможности стали, как никогда, исключительно благоприятными. С полетом Ю. А. Гагарина и других космонавтов к жителям стран и континентов пришло эмоциональное ощущение общности, причастности всех и каждого к судьбе своей маленькой голубой планеты, один оборот вокруг которой можно сделать всего за 1,5 ч.

В нашей стране на задачи науки смотрят сквозь призму времени — требований решительного поворота ее к нуждам общественного производства. Вместе с тем на совещании в ЦК КПСС по вопросам ускорения научно-технического прогресса (июнь 1985 г.) подчеркнуто, что приоритетное значение нужно придать развитию фундаментальной науки. Именно она выступает в качестве генератора идей, открывает прорывы в новые области, дает выходы на новые уровни эффективности.

Как известно, «чистые» фундаментальные исследования направлены на более полное постижение законов природы, на открытие принципиально новых областей познания. Считается, что они, как правило, не имеют каких-либо практических приложений. Таковы открытия Д. И. Менделеевым периодической системы элементов и А. Эйнштейном теории относительности. Однако, по мнению академика П. Л. Капицы, в деятельности ряда выдающихся ученых трудно проследить, когда они преследовали прикладную цель, а когда — познавательную. Так, крупный американский ученый И. Лэнгмюр всю свою жизнь работал на промышленных предприятиях и решил несколько сложных технических задач в электроламповой промышленности, но хорошо известно, что в ходе этих работ он осуществил ряд фундаментальных исследований в электронике и вакуумной физике. Ярким примером взаимопереплетения фундаментальной и прикладной науки являются также труды П. Л. Капицы. Он считал, что происходящее в связи с ростом масштабов научной работы деление науки на базисную (познавательную) и прикладную во многом искусственно и трудно указать точку, где кончается базисная и начинается прикладная наука.

Разнообразнейшие исследования различных областей космического пространства явились предпосылкой для стремительного развития комплекса наук о Земле, Вселенной, небесных телах, а также комплекса биологических и прикладных наук. Взгляд в космос и из кос-

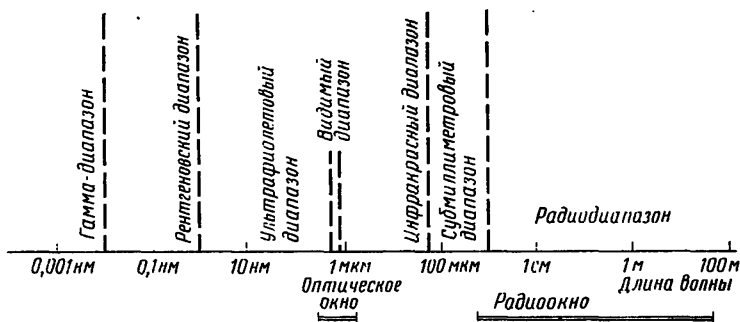


Рис. 1. Спектральные диапазоны электромагнитного излучения (внизу показаны диапазоны длин волн, в которых излучение пропускается атмосферой) [по: Елисеев, 1983]

моса приводит к небывало глубокому и полному пониманию наиболее общих законов, управляющих мирозданием, к радикальному изменению того, что называют картиной мира. Именно из исследований космоса происходили законы, установленные Ньютоном и Эйнштейном. Оперируя с универсальными понятиями «масса», «энергия», «пространство», «время», ученые приходят к космическим масштабам как к своеобразному полигону, где в условиях грандиозного естественного эксперимента протекают сложнейшие физические, химические и биологические процессы.

Один из революционных шагов в развитии естествознания был связан с первыми инструментальными наблюдениями времен Галилея. Применение телескопа памяного увеличило разрешающую способность человеческого глаза. Вынос инструментов за пределы земной атмосферы, ставший возможным с развитием космической техники, стал аналогичным по значению революционным шагом в познании космоса. Так, в свое время исчезла грань между оптической астрономией и радиоастрономией: в тех частях неба, на которые указывали радиоастрономы, было открыто немало замечательных явлений. Вынос астрономических инструментов на космические орбиты поставил астрономов — наших современников — в исключительно благоприятные условия по сравнению с их предшественниками. Отныне у них есть возможность изучать небесные образования во всем диапазоне электромагнитного излучения, начиная от длинных радиоволн и кончая рентгеновскими и гам-

ма-лучами (рис. 1). За небывало короткий срок на небесной сфере, которая лишь несколько поколений назад представлялась хрустальным куполом (рис. 2), было обнаружено множество совершенно новых, необычных объектов — квазары, пульсары, рентгеновские источники, черные дыры и др. Об их существовании ученые-астрономы ранее не высказывали даже никаких догадок!

Астрономические открытия эпохи спутников продемонстрировали два важных обстоятельства: прежде всего — огромную сложность и многообразие Вселенной, а также — крайне упрощенные и ограниченные представления, имевшиеся о ней до начала покорения космоса.

В необычных астрофизических феноменах, открытых в последние годы, законы природы предстают в иных ракурсах и масштабах. Это обстоятельство привлекло к астрофизическим, а в широком смысле — к космическим исследованиям многих представителей физической науки. Именно в космосе они обрели уникальную природную лабораторию, где происходит проверка самых нетрадиционных и смелых воззрений на макро- и микромир и на сущность их взаимосвязи. Как знать, не окажутся ли данные, полученные в космосе, решающими для так называемого великого объединения различных физических взаимодействий — проблемы, над которой безуспешно работал А. Эйнштейн в последние годы своей жизни.

Приверженцы строгих научных школ не спешат вводить новые принципы там, где до конца не использованы возможности объяснения наблюдаемых фактов с помощью известных физических законов. Действительно, диапазон применения уже установленных физических законов настолько широк, что, по мнению некоторых специалистов, астрофизика до настоящего времени не поставила перед человечеством факты, требующие изменения старых или введения новых законов природы. Однако всерьез высказываются идеи о том, что в крайне экстремальных условиях космоса, например при уплотнении вещества до величин, на много порядков превышающих плотность атомных ядер, действие законов современной физики окажется под вопросом.

В любом случае нет сомнений в идейном и фактологическом обогащении физической науки при ее обра-



Рис. 2. Старинная гравюра «Монах, добравшийся до края света» [по: Ивановский, 1954]

щении к космосу. Взаимопроникновение лабораторной и космической физики уже принесло замечательные плоды. Как известно, механизм излучения Крабовидной туманности (и других, ей подобных) удалось объяснить при анализе синхротронного излучения, которое было открыто в ускорителях частиц. Вместе с тем при решении астрофизических проблем, представлявших на первый взгляд чисто академический интерес, возникла такая отрасль науки, как магнитная гидродинамика. В настоящее время эта отрасль получила широкое земное поле технического применения.

Реакции управляемого термоядерного синтеза, для осуществления которых на протяжении последних трех десятилетий сосредоточен солидный научный и материальный потенциал, впервые стали обсуждаться как источник энергии Солнца и звезд.

По праву высказывается мнение, что новейшие открытия в космосе позволяют существенно углубить знания об основных природных закономерностях. При-

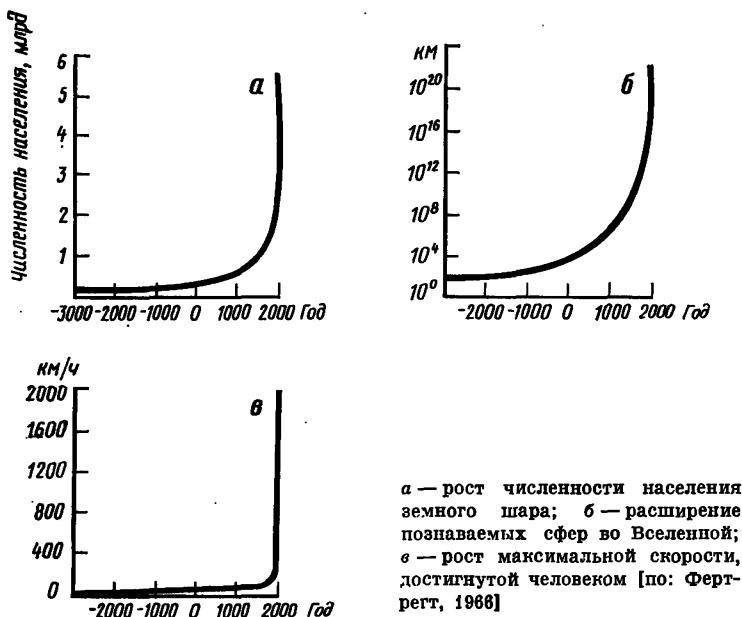


Рис. 3. Наша эпоха характеризуется резким, скачкообразным увеличением различных проявлений человеческой деятельности

чем темп прироста этих знаний в несоизмеримой степени превышает то, что можно было бы ожидать, оставаясь в рамках земных представлений и пространственно-временных масштабов (рис. 3, 4).

Незачем уходить в глубины Галактики, чтобы убедиться в стремительном прогрессе фундаментальных наук, обусловленном космическими исследованиями. Запуски межпланетных аппаратов в исторически кратчайшие сроки вызвали коренные изменения в знаниях о строении Солнечной системы. Лунная и планетная астрономия стали экспериментальными науками. В Советском Союзе впервые были осуществлены исторические полеты автоматических станций к Луне, Венере, Марсу, а вслед за тем и мягкие посадки аппаратов на их поверхность. На Землю передавались телеметрические данные, характеризующие строение поверхности, газовой оболочки и магнитного поля этих ближайших небесных тел. С Луны на Землю неоднократно доставлялись образцы грунта, добытого автоматическими устройства-

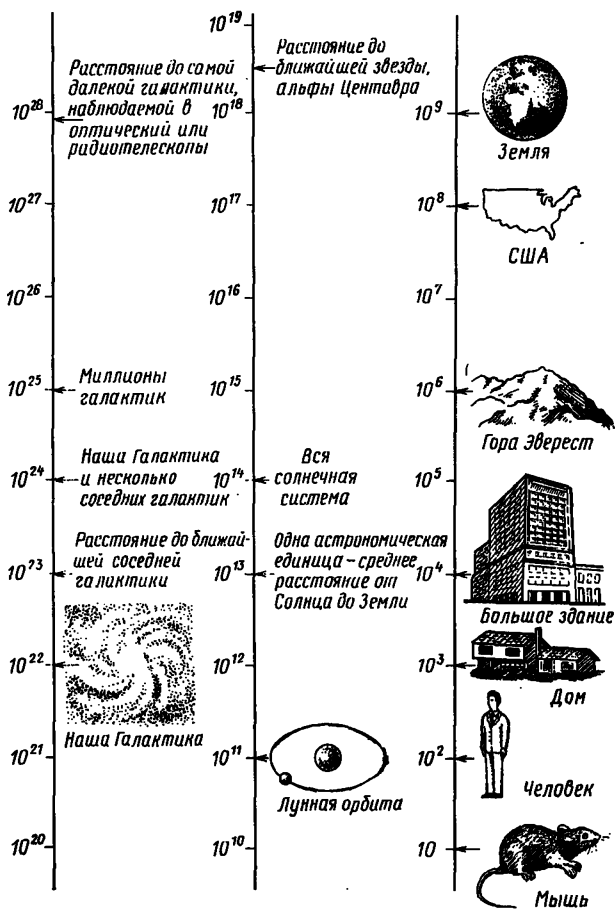
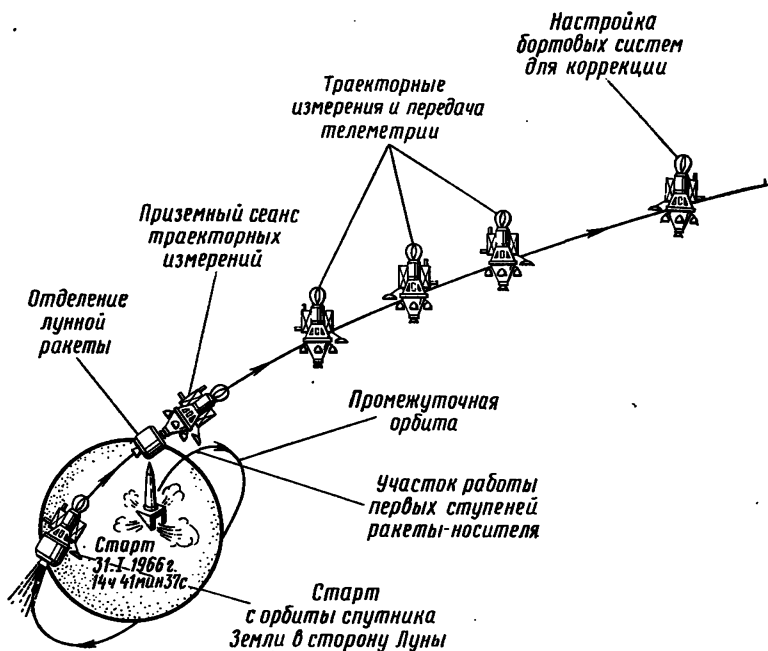


Рис. 4. Шкала возрастающих величин — от 10 см (размер мыши) до 10^{28} см (размер известной нам области Вселенной) [по: Гробстайн, 1968]

ми. «Луноходы» десантировались на поверхность нашего вечного спутника и, управляемые с Земли, проложили колею длиной в десятки километров среди лунных кратеров и холмов.

За какие-то несколько лет устарели все учебники астрономии, сообщавшие освященные традициями сведения о космографии Солнечной системы. По-новому стали рисоваться ландшафты не только Луны, Венеры



и Марса, но и самой приближенной к Солнцу планеты — Меркурия, планет-гигантов — Юпитера, Сатурна, Урана и их спутников. Получено много ценных сведений об астероидах, кометах, межпланетной плазме.

Если попытаться в целом охарактеризовать темпы роста разрешающей способности при наблюдениях планет, то любопытно сравнить такие цифры. До полетов автоматических станций, например во времена дискуссий о марсианских «каналах», минимальные детали, различимые на поверхности красной планеты, имели размер несколько сот километров. Вследствие изучения Марса с пролетных траекторий несколько процентов площади планеты были изучены с эффективным разрешением около 100 м. Таким образом, за последние 10 лет произошло улучшение разрешающей способности в 1000 раз, а со времени первых телескопов — в 10 тыс. раз. Благодаря увеличению разрешающей способности удалось увидеть на поверхности Марса много «поучительные и таинственные», по выражению американского исследователя К. Сагана, детали: огром-

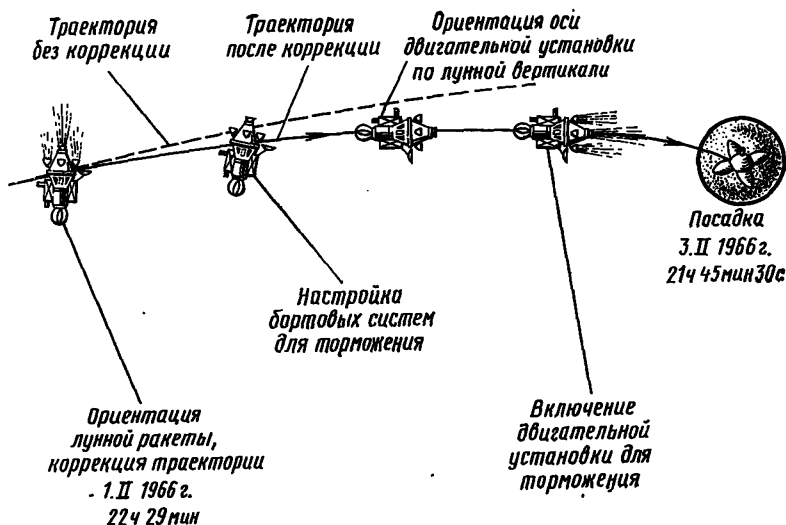


Рис. 5. Схема полета автоматической станции «Луна-9», совершившей первую мягкую посадку на Луну и передавшей на Землю фототелевизионное изображение панорамы лунной поверхности

ные вулканы, слоистые полярные образования, огромные разломы, дюны, пылевые полосы, связанные с кратерами. Еще большее увеличение разрешающей способности происходит при непосредственной посадке автоматических аппаратов на поверхность небесных тел. Так, на фотопанораме, переданной на Землю станцией «Луна-9», можно было различить мельчайшие детали поперечником всего 1—2 мм (рис. 5).

Мы вправе ожидать новых фактов, которые вызовут удивление своей необычностью. Их предстоит получить за счет увеличения площадей фотографического и спектрографического обзора и разрешающей способности космических аппаратов. Следует отметить, что прогресс качественно затронул не только технику передачи изображений планет, но и всевозможные способы получения других, весьма разнообразных характеристик. Поэтому есть основания говорить о рождении нового комплекса наук о планетах. Здесь физика и планетных атмосфер, и недр, и околопланетного пространства. Здесь и пауки, аналогичные геологии и геохимии, —

планетология и планетохимия. Справедливо считается, что в полетах автоматических станций к планетам Солнечной системы получена поистине уникальная информация, объем и важность которой превосходит все те сведения, которые накопила за предыдущие столетия классическая наблюдательная астрономия.

Приведем лишь некоторые примеры ярких фактов, добытых о планетах за истекшие годы. Такой обзор будет полезен и для того, чтобы очертить различные уголки Солнечной системы — вероятные области деятельности человечества в XXI в.

В конце марта 1974 г. камерами, установленными на борту станции «Маринер-10», была впервые сфотографирована поверхность Меркурия. Еще в 1962 г. считалось, что Меркурий вращается с такой скоростью, что одна его полусфера постоянно обращена к Солнцу. Иными словами, думали, что один оборот вокруг оси Меркурий делает за 88 суток, что соответствует периоду его обращения вокруг Солнца. В результате проведенных исследований выяснилось, что Меркурий не имеет какой-либо атмосферы и не имел ее в течение миллиардов лет. Далее выяснилось, что период вращения Меркурия вокруг оси составляет 59 суток — это значит, что планета поворачивается вокруг своей оси ровно три раза за два полных оборота вокруг Солнца. Оказалось, что интуиция не обманывала художников, изображавших поверхность Меркурия сходной с поверхностью Луны. Планетологи пришли к заключению: поверхность планеты весьма похожа на лунную не только своими деталями, но и последовательностью событий, которые привели к их возникновению. Существует также мнение, что Меркурий — это планета-парадокс: она похожа на Луну снаружи, а на Землю изнутри.

Планета Венера, получившая имя богини любви и красоты, до начала 1960 г. считалась «двойником Земли». Предполагалось, что продолжительность суток на ней приблизительно равна 24 ч, а газовая оболочка состоит из тех же компонентов, что и атмосфера Земли. Космические исследования этой планеты, в которые ведущий вклад внесли советские ученые, показали ошибочность прежних представлений. Вращение Венеры вокруг своей оси чрезвычайно медленно — один оборот примерно за восемь земных месяцев. Направление этого вращения противоположно направлению враще-

ния планеты вокруг Солнца. Главный компонент атмосферы Венеры — это углекислый газ, в ней имеется немного водяных паров. Зато облака Венеры содержат столь агрессивное вещество, как серная кислота. Температура на поверхности Венеры достигает $+450^{\circ}\text{C}$, а давление в 90 раз превышает давление на поверхности Земли. Большая плотность газовой оболочки на Венере приводит к очень сильному преломлению света. Высказывались даже соображения, что в принципе наблюдатель, попавший на «дно» венерианской атмосферы, смог бы увидеть не только собственные уши, но и собственный затылок.

Уже в октябре 1975 г. спускаемые аппараты станций «Венера-9» и «Венера-10» впервые передали на Землю оптические панорамные изображения поверхности Венеры. Эти же аппараты провели измерения скорости ветра у поверхности планеты. Еще через семь лет «Венера-13» и «Венера-14» передали цветные панорамы мест своей посадки и провели поистине уникальный эксперимент по забору грунта Венеры и анализу его химического состава. Станции «Венера-15» и «Венера-16» в 1983 г. выступили космическими картографами, получая с орбиты спутников Венеры радиолокационное изображение планеты. Новейшим этапом изучения Венеры стала работа по программе «Вега» («Венера — комета Галлея»), когда в атмосфере «сестры Земли» начали дрейф аэростаты, выпущенные с автоматических станций «Вега-1» и «Вега-2». Под напором ураганного ветра, дующего со скоростью около 250 км/ч, каждый из аэростатов преодолел расстояние более 10 тыс. км в венерианской атмосфере. На высотах около 54 км (зона плавания аэростатов) очень сильные по сравнению с земными вертикальные порывы ветра, достигающие более 1 м/с. Как известно, в земной атмосфере вертикальные порывы не превышают нескольких сантиметров в секунду. Следовательно, турбулентность в атмосфере Венеры на высотах дрейфа аэростатов сильно развита. Внимание исследователей привлекли также вариации освещенности и световые вспышки, зафиксированные аэростатами на ночной стороне Венеры. Чем вызываются эти феномены — молниями или извержениями вулканов, — пока неясно. Указывается в этой связи, что открытие вулканизма на Венере имело бы весьма важное значение как для понимания строения этой планеты, так и для выясне-

ния химических процессов, происходящих в ее атмосфере [Балеванов и др., 1985].

Юпитер обладает физическими характеристиками, резко выделяющими его из семейства планет. Размер и масса этого небесного тела таковы, что позволяют приближенно рассматривать Солнечную систему как систему двух тел — Солнца и Юпитера. Юпитер в основном состоит из водорода и гелия. Под его турбулентной атмосферой обнаружены два слоя жидкого водорода: молекулярного и металлического. Юпитер обладает магнитным полем сложной структуры и имеет целую систему радиационных поясов. Американский беспилотный аппарат «Пионер-10», в декабре 1973 г. совершивший облет Юпитера на минимальном расстоянии 130 тыс. км от верхней границы облачного слоя, получил дозу облучения 500 тыс. рад, что в тысячу раз выше смертельного для человека уровня. Концентрация электронов с энергиями 5—10 МэВ в радиационных поясах Юпитера в миллион раз выше, чем в радиационных поясах Земли.

Выявленные характеристики крайне затрудняют высадку будущих космонавтов на какой-либо из 14 спутников планеты. Правда, исключением может оказаться Каллисто. Этот спутник Юпитера лежит несколько поодаль от интенсивных радиационных областей.

Магнитосфера Юпитера больше земной в сто раз по размерам и в миллион раз — по объему. Быстрое вращение магнитосферы вместе с планетой приводит к тому, что ионизированные частицы вырываются наружу; однако давление солнечного ветра циклически сжимает магнитосферу.

Одним из наиболее интересных и загадочных объектов Солнечной системы является так называемое Большое Красное пятно Юпитера — овальное образование диаметром около 36 тыс. км, обнаруженное астрономом Кассини в 1665 г. До полетов автоматических станций пытались объяснить пятно стоячей волной, образовавшейся над горой или впадиной над поверхностью планеты. Теперь известно, что Юпитер — жидкая планета. На ней не может быть ни гор, ни впадин. По-видимому, Большое Красное пятно является циклоническим атмосферным возмущением типа урагана, причины устойчивости которого подлежат дальнейшему выяснению.

В атмосфере Юпитера, содержащей 82% водорода, 17% гелия и около 1% других элементов, происходит

интенсивная циркуляция, поддерживаемая постоянным тепловым излучением и скоростью вращения, достигающей около 40 тыс. км/ч на экваторе. Типичным для планеты является чередование серо-белых и красно-коричневых поясов облаков. Первые соответствуют гребням восходящих атмосферных потоков, вторые — основаниям нисходящих. Юпитер имеет черты, сближающие его со звездой. И хотя он излучает в космическое пространство в два раза больше энергии, чем получает ее от Солнца, чтобы достичь «звездной» величины излучения, Юпитер должен был бы иметь массу, в 80 раз большую, чем теперь.

Все, что известно о Юпитере, не позволяет однозначно исключить наличие жизни в его атмосфере. Конечно, имеются в виду особые формы жизни, способные переносить большие и резкие изменения тепловых потоков в восходящих слоях его газовой оболочки. Скорость ветра в атмосфере Юпитера оценивается величиной примерно 600 км/ч.

Совершенно оригинальными в известном смысле характеристиками обладает спутник Юпитера Ио. Плотность его атмосферы сравнима с венерианской. В течение ночи, которая длится 21 ч, на поверхности спутника выпадают хлопья, состоящие из метана. Как только Ио выходит на солнечную сторону, начинается их интенсивное испарение. В течение 10 мин, пока оно длится, Ио является телом, отражающим свет лучше всех небесных тел Солнечной системы. Много интересных данных получено с помощью автоматических станций и о других крупных спутниках Юпитера — Европе, Ганимеде, Каллисто.

На примере Юпитера великолепно подтверждается всеобщая связь процессов и явлений в системе Солнце—планеты—Земля. Уже подчеркивалось, что громадная магнитосфера Юпитера очень чутко реагирует даже на маленькие вариации давления солнечного ветра. Уже после обнаружения высокоэнергетических электронов, диссипирующих из внешней магнитосферы Юпитера, были вновь и вновь проанализированы старые записи фонового уровня электронной составляющей космических лучей, полученные ранее на искусственных спутниках Земли. В свое время была установлена 13-месячная периодичность колебаний этого фонового уровня. Однако ее происхождение оставалось совершенно непонятным вплоть до непосредственного зондирования

Юпитера. Оказалось, что эта периодичность образована сочетанием периодов орбитальных движений Юпитера и Земли вокруг Солнца. Каждые 13 месяцев две планеты охватываются едиными силовыми линиями магнитного поля. Со всей определенностью было установлено, что «добавочная» часть зарегистрированных в ближайших окрестностях Земли электронов генерируется Юпитером.

Уместно задать вопрос, в какой степени подобные периодические колебания фонового уровня состава и интенсивности космических лучей могут оказывать влияние на биосферу Земли и, в частности, на человека. Ни в коей мере не делая из получаемых данных опору для реабилитации астрологии, следует внимательно относиться к попыткам установления содержательных связей между планетными и земными явлениями, к вскрытию механизмов возможного влияния на живой мир Земли не только Солнца, но и других элементов его системы.

Продолжая экскурсию по Солнечной системе, мы дошли до Сатурна с его знаменитыми кольцами, открытыми Г. Галилеем в 1610 г. Но здесь нам придется вернуться к Юпитеру и убедиться, что наличие кольцевых структур, обращающихся вокруг планеты, отнюдь не является привилегией Сатурна. Действительно, еще в 1960 г. советский астроном С. К. Всехсвятский высказал предположение о существовании Юпитерианского кольца. Оно образовано из очень темных частиц, поэтому незаметно с Земли и впервые наблюдалось при пролете американских аппаратов «Вояджер» в 1979 г. Кольцо Юпитера расположено в плоскости экватора, отдалено на 55 тыс. км от верхней границы облаков и имеет ширину 6 тыс. км и толщину 1 км.

Кольца Сатурна, которых в настоящее время насчитывается пять, довольно хорошо наблюдаются с Земли вследствие высокой отражающей способности образующих их частиц и своих больших размеров. Информация о сложной структуре колец Сатурна была передана аппаратами «Пионер-11», а позднее «Вояджер-1».

Значительным событием в астрономии стало открытие колец у планеты Уран (1977 г.). Правда, оно было сделано не с космических аппаратов, а с Земли, посредством наблюдения покрытия Ураном звезды.

Оценка химического состава отдаленных внешних планет наводит на мысль, что Сатурн по составу схож

с Юпитером. Недра Урана и Нептуна содержат больше каменных пород. Плутон, открытый в 1930 г. астрономом К. Томбо, блуждает по весьма отдаленной от Солнца орбите, описывая полный оборот за 248 лет. Он так слаб, что его невозможно изучать обычными визуальными методами. Однако фотометрические измерения показали, что яркость Плутона через каждые 6,39 суток периодически меняется примерно на 20%. По-видимому, это обусловлено сменой деталей поверхности при вращении планеты.

В состав Солнечной системы входят также кометы, астероиды и метеорные тела. Есть основания предполагать, что вещество комет лучше, чем вещество каких-либо других небесных тел, отражает условия в первичной Солнечной системе. Возраст вещества комет оценивается примерно в 4,6 млрд лет. Определение химического состава комет, в частности поиск в них органических молекул, содействовал бы пониманию того, какие соединения доставлялись кометами на поверхность Земли миллиарды лет назад. От этих данных можно было бы протянуть логическую цепь к формированию атмосферы и простейших форм жизни на нашей планете. Указанные обстоятельства делают понятным интерес, проявленный к изучению кометы Галлея при ее очередном прохождении в 1986 г. в окрестностях Солнца. Как известно, было подготовлено и осуществлено три проекта полета автоматических станций к комете Галлея. Многоцелевая научная программа «Венера — комета Галлея» была разработана по предложению советских ученых. В создании комплекса научной аппаратуры и оборудования станций «Вега-1» и «Вега-2» вместе с советскими специалистами принимали участие представители Австрии, Болгарии, Венгрии, ГДР, Польши, Франции, ФРГ и Чехословакии. Наряду с проектом «Вега» осуществлялся проект Европейского космического агентства «Джотто» и проект Японии «Планета А».

К числу других важных источников первичного вещества Солнечной системы, способных пролить свет на ее эволюцию, кроме комет, относятся и астероиды, орбиты которых находятся между орбитами Марса и Юпитера. Большинство астероидов имеют поперечник от нескольких сотен метров до километра, но некоторые из них достигают величины порядка сотни километров.

Метеориты представляют из себя маленькие астероиды (иначе — метеороиды), при своем движении вокруг

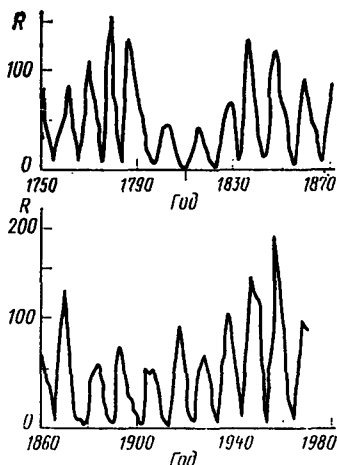
Солнца пересекающие орбиту Земли и сталкивающиеся с ней. Химический анализ вещества некоторых метеоритов, проведенный вскоре после их падения на Землю, показал наличие основных элементов, необходимых для построения белка — аминокислот.

Любой рассказ о Солнечной системе будет неполным если не затронуть тему, исключительно важную и, по-видимому, определяющую для возникновения, развития и продолжения жизни на Земле — тему Солнца. Жизнь на нашей планете всецело зависит от солнечной энергии. Поэтому вопросом вопросов является то, как Солнце вырабатывает энергию. Если вплоть до 30-х годов нашего века ответа на этот вопрос не было, то потом развитие ядерной физики привело к заключению о возникновении солнечной энергии в результате превращения водорода в гелий. Впрочем, данное заключение является лишь выводом наиболее вероятной на сегодняшний день гипотезы, полностью непротиворечивое доказательство которой сталкивается с определенными трудностями.

Масса Солнца превосходит массу Земли в 330 тыс. раз, а его диаметр больше земного в 109 раз. Внутри Солнечного шара смогло бы разместиться более миллиона земных шаров. Луч света, испущенный Солнцем, достигает земной орбиты через 8 мин. В связи с очень большими масштабами процессов, происходящих на Солнце, наблюдаемые на нем эффекты, по-видимому, обладают некоторыми качественными особенностями, не воспроизводимыми в земных лабораториях. Действительно, моделирование является весьма эффективным способом научного познания. Однако оно не всегда может быть эффективно применено и имеет свои ограничения. Так, погодные и климатические процессы принципиально не могут быть миниатюризированы. Грозы, смерчи и струйные течения не могут быть помещены в пробирку или в аквариум. Исходя из ограниченности описательных возможностей моделей солнечных и солнечно-земных процессов, важнейшую роль придают их непосредственным наблюдениям с борта космических аппаратов. При этом телескопы, чувствительные к ультрафиолетовой и рентгеновской частям спектра, позволили получить много ценной информации о жизни Солнца — этой ближайшей к нам звезде.

Магнитные явления на Солнце в высшей степени экзотичны. Газ в середине Солнечного шара настолько

Рис. 6. Изменение среднегодовых чисел солнечных пятен, начиная с 1750 г. [по: Ю. Мизун, П. Мизун, 1984]



разогрет, что его электропроводность не уступает электропроводности медных контактов при комнатной температуре. Поэтому магнитные поля на Солнце захватываются газом, переносятся им и закручиваются вокруг его потоков. Нередко магнитные поля концентрируются в изолированные трубки, сильно взаимодействующие при встрече друг с другом. Характер таких взаимодействий пока что остается непонятным.

Характер таких взаимодействий пока что остается непонятным.

Солнечные пятна — это довольно широкие, но неглубокие (лишь на несколько сотен километров) углубления видимой поверхности светила. Обнаружение солнечных пятен Фабрициусом в 1611 г., а вслед за ним и Галилеем было повторением открытия китайских наблюдателей, сумевших еще за 1000 лет до этого прийти к тому же результату, не прибегая к помощи телескопов.

Периодические явления на Солнце, такие, как 11-летний цикл солнечной активности, в значительной мере определяют медленные периодические процессы в земной биосфере (рис. 6). Важный вклад в дело исследования проблемы «Солнце — Земля» внес своими пионерскими работами советский ученый А. И. Чижевский. На пути решения этой проблемы предстоят еще трудные и увлекательные поиски. Космонавтика стимулирует их проведение и предоставляет ценные возможности для глобального синхронного контроля из космоса за жизнью Солнца и Земли.

Но, пожалуй, главным объектом, изучаемым теперь человеком из космоса, была и остается планета Земля. Важнейшей целью современной космонавтики, составившей предмет нового научного направления — космического земледелия, — стало изучение природы нашей планеты с использованием космических средств. И если

первоначально акцент делался на спутниковой метеорологии, то ныне со спутников и орбитальных станций ведутся самые разнообразные исследования природной среды, изучаются и оцениваются природные ресурсы. С выходом на космические орбиты получили «второе дыхание» геология и геоморфология, океанология и гидрология, почвоведение, геоботаника и агробиология.

Наглядным примером эффективности указанных подходов стало дистанционное зондирование Земли при геологических исследованиях. Казалось бы, что нового могло оно дать? Ведь на Земле уже практически нет белых пятен. Тем не менее по признанию специалистов, исследования непосредственно с орбиты привели к выявлению новых закономерностей регионального и глобального размещения геологических структур. Было установлено наличие ряда признаков, которые позволили целенаправленно организовать разведку глубинных месторождений полезных ископаемых.

Многообещающими являются космические методы, которые могут привести к предсказанию вулканических извержений и землетрясений; эти грозные природные явления некоторым пока неясным образом связаны с медленным дрейфом континентов. Однако скорость перемещения континентов, соотнесенная с разделяющими их расстояниями, весьма мала и требует особых высокоточных измерений. Такие измерения уже выполняются из космоса.

Что касается метеорологии, то ее сегодняшний день без метеорологических спутников немыслим. Постоянно функционирует созданная в последние годы служба наблюдения из космоса за ураганами. Хотя погода нередко проявляет свой непостоянный и даже коварный характер, все же считается, что сегодня точность прогнозов на 5—6 дней вперед выросла в 2—3 раза. Повышение точности и надежности предвидения погоды отнюдь не прямо связано с увеличением потока информации со спутников. Необходимо дальнейшее осмысление глобальной взаимосвязи различных процессов, участвующих в формировании погодных явлений. Так, весьма перспективными представляются одновременные наблюдения с орбиты за тепловым балансом Мирового океана и атмосферы над ним. Океан — это настоящая «кухня погоды». Построение глобальных компьютерных моделей взаимодействия океана и атмосферы в сочетании с оперативными данными о местных условиях

подведет к надежному прогнозированию медленных и быстрых метеорологических изменений.

Разносторонний учет всепланетных процессов, возможно, позволит сформулировать некоторые пока неясные принципы управления метеорологическими явлениями. Это станет очередным шагом на пути взаимообогащения фундаментальной и прикладной науки.

С появлением космических средств недоступные ранее возможности обозначились перед комплексом биологических наук. Мы уже говорили об обеспечиваемых современной космонавтикой подходах к решению фундаментальных проблем возникновения жизни на Земле и влияния Солнца на земную биосферу.

Проникновение в космос привело к возникновению и развитию космической биологии. Начались и успешно продолжаются исследования закономерностей влияния условий космического полета на живые организмы Земли. Это направление, необходимое для успешного освоения космоса, оказалось весьма важным и существенным и для общей биологии, и для физиологии, и для практической медицины. Достаточно сказать, что на повестку дня впервые был поставлен (а ныне успешно решается) вопрос о том, что такое здоровый человек? Где грань между нормой и патологией? Каковы индивидуальные различия в переносимости различных стрессорных воздействий? Интенсивно стали разрабатываться вопросы, связанные с профилактикой неблагоприятного воздействия факторов космического полета на организм человека. Возникли новые разделы космической медицины — такие, как гравитационная биология, физиология вестибулярного аппарата. Развились и продолжают совершенствоваться средства и методы дистанционного контроля за функциональным состоянием человека. Методы биотелеметрии и диагностики состояния оказались применимы не только к космонавтам, а нашли широкое распространение в практическом здравоохранении, исследовательской медицине, спорте.

Космические исследования формируют качественные сдвиги в методологии современной биологии и медицины. Долговременные наблюдения за динамикой состояния отдельных практически здоровых лиц, какими являются космонавты, стали для медицины принципиально новыми. Повышенное внимание к каждому пациенту (даже если он не предъявляет жалоб), всемерный учет индивидуальных, в том числе и психологических осо-

бенностей человека, мобилизация всех возможностей современной медицинской науки для оценки и прогнозирования состояния его здоровья, полный учет резервов организма, которые вскрываются в экстремальных условиях,— вот некоторые из принципов, взятых на вооружение космической медициной.

В задачи космической медицины входит управление функциями организма конкретного человека с учетом условий и режима его деятельности для обеспечения высокого уровня работоспособности и непременно сохранения хорошего состояния здоровья. Такой подход делает космическую медицину моделью медицины будущего. Думается, что в XXI в. этот подход будет развиваться, широко распространится с контингента космонавтов на большие массы населения Земли и предоставит каждому обитателю нашей планеты новые, небывалые возможности для реализации своего «Я» на благо людей. Завидную продуктивность в любом виде деятельности, высокий жизненный тонус, эмоциональную насыщенность, активное долголетие — вот что несет космизация медицины человечеству XXI века. Обращенный к каждому человеку призыв философов «Познай самого себя!» требует в наше время уточнения: «Познай себя через космос!»

Ярко выражена гуманистическая направленность экологических и антропоэкологических исследований, проводимых с космических орбит. Копечная их цель — сохранить планету Земля пригодным и благоприятным для обитания человека уголком Вселенной.

Экология человека ныне выдвигается в центр, вокруг которого концентрируются многие фундаментальные и прикладные проблемы. О космической антропоэкологии высказывается обоснованное мнение как о своеобразном фокусе, сосредотачивающем в себе научный потенциал целого ряда дисциплин, относящихся к космическому земледелию. Контроль за процессами и состоянием загрязнений биосферы, прогнозирование биологической продуктивности Мирового океана и лесных ресурсов, строение структур земной коры, динамика геолого-географических процессов — вот круг проблем, решение которых способствует лучшему пониманию экологии человека в современном мире.

Специалисты считают, что дальнейшее развитие космической антропоэкологии требует качественно новых знаний о комплексе сложных явлений глобального ха-

рактера, которые прямо связаны с жизнедеятельностью человека. К этим процессам относятся такие, как состояние водных бассейнов, атмосферы, растительных покровов Земли. Здесь и круговорот космической и планетарной энергии в ее различных формах, био- и геохимические циклы, синхронизирующие влияние космических (солнечных, лунных и других) ритмов на периодические процессы в живой природе Земли. Обобщенная оценка этих явлений в глобальных масштабах стала возможной — и это следует подчеркнуть — лишь с появлением космических средств и методов.

Только комплексное исследование динамики перечисленных процессов позволит правильно судить о выраженности антропогенного влияния на биосферу и откроет путь к прогнозированию будущих изменений природы Земли и здоровья людей, ее населяющих.

О некоторых важных ветвях древа научных целей космонавтики, с которых человечество уже собирает плоды, а еще большие соберет в будущем веке, было рассказано выше. Представляется, что в обеих сферах — и фундаментальных, и прикладных исследований в космосе — должны получить опережающее развитие те направления, которые связаны с познанием жизни во Вселенной, биосферы Земли, экологии человека.

Экономические потребности освоения космического пространства. Освоение и рациональное использование ресурсов Земли и океанов, ресурсов из внеземных источников, в том числе энергетических. Развитие новых технологий и промышленных производств. Удовлетворение потребностей растущего населения Земли. Контроль и координация мер по охране окружающей среды. Удаление загрязняющих среду отходов

Люди осознали, что планетарные масштабы уже и теперь не в состоянии удовлетворить растущие потребности человечества. Если же заглянуть на столетие вперед, то станет совершенно ясно, что проблемы добычи сырья и энергии вряд ли смогут быть решены без распространения производственной деятельности в космическое пространство.

Согласно прогнозам ООН, народонаселение нашей планеты возрастет к 2000 г. до 6,5 млрд человек. Современная демографическая ситуация такова, что насе-

ление Земли ежегодно увеличивается на 1,9%. Вместе с тем, по данным ФАО — Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН, — на нашей планете недоедает каждый второй человек. По мнению специалистов, задача снабжения людей в развивающихся странах даже минимумом продуктов питания, гарантирующим жизнь, решается с большим трудом. Известно, что территории, пригодные под посевы, можно увеличить не более чем на 25%, потому что 75% таких площадей уже освоено и отчасти истощено. К тому же сельское хозяйство постоянно подрывают наводнения и засухи. Но и независимо от быстрых темпов прироста народонаселения на Земле ощущается нехватка энергетических и сырьевых ресурсов. По оценкам экономистов, ныне за 15-летний период в мире происходит удвоение потребления сырья. Например, происходит ежегодное увеличение потребления олова на 1%, железа и меди — на 5—6%, бокситов — на 10,5%. Стоимость минерального сырья постоянно растет из-за труднодоступности залежей и истощения наиболее богатых из них [Риффо, 1978].

Остро стоит перед жителями Земли и энергетическая проблема. Нефть, которую называют «черное золото», становится все более труднодоступной. Справедливо считается, что время «золотых фонтанов» прошло. Из недр Земли изъято свыше 20 млрд т нефти. Конечно, есть еще неразведанные запасы на суше и на континентальном шельфе морей и океанов. Однако шельф стал, по признанию известного французского исследователя К. Риффо, предметом ажиотажа, острой конкурентной борьбы за лицензии на право добычи там полезных ископаемых. То же самое — и в этом можно не сомневаться — произойдет в недалеком будущем и с глубоководными районами морей и океанов. Таким образом, Мировой океан является «последним резервом» природных ресурсов человечества; оценивая его возможности, не следует впадать в излишний оптимизм. Что же касается экономически рентабельных реакторов, использующих термоядерную энергию, то пройдет еще немало лет до их ввода в действие.

До последнего времени все возрастающее использование природных ресурсов не имело должного контроля, а преобразование окружающей среды вообще было в значительной степени стихийным. Отходы множества технологических процессов не включались в биотиче-

ский круговорот, а накапливались и загрязняли окружающую среду. Ясно, что воздействие человека на земные процессы может вызвать нежелательные климатические и гидрологические последствия, привести к изменению микроэлементного состава земной коры и океана, искажению характера ландшафтов, исчезновению целых популяций растительных и животных организмов. Непредвиденные последствия научно-технического прогресса могут стать, а во многих случаях и становятся, реальной предпосылкой к возникновению кризисных ситуаций, угрожающих существованию биосферы.

В свете этих удручающих фактов, неоднократно обсуждавшихся в печати, интересны высказывания некоторых зарубежных специалистов, отводящих космонавтике прежде всего место «запасного выхода» из аварийной ситуации, точнее — спасательной шлюпки, спускаемой с тонущего корабля. Мотивы «бегства с Земли» прозвучали на I конференции по исследованию и использованию космического пространства в мирных целях (1968 г.) в выступлении представителя Комитета ООН по космосу Ф. Фиорио. Он связал исследования космоса с проблемой выживания обитателей Земли и указал на вероятность того, что через несколько столетий человеческий род, испытав ценой крови и слез все возможные средства дать счастье каждому и окончательно загрязнив и истощив нашу старую планету, будет вынужден уйти к звездам и отыскать новый мир, пригодный для жизни, такой же светлый и чистый, какой была Земля до того, как мы появились на ней много тысячелетий назад.

Это и другие подобные высказывания чаще всего принадлежат буржуазным исследователям, которые пытаются распространить трудности, порождаемые в первую очередь несовершенными общественными отношениями, на вселенские масштабы. Действительно, если верить Ф. Фиорио, человечеству будущего не возбраняется поступать со своей Землей так, как поступают неокolonизаторы с заморскими территориями — уйти после исчерпания ресурсов. А что касается плачевного состояния покинутых и истощенных земель (или пусть даже Земли), нарушенного экологического равновесия, тотального загрязнения — до этого и дела нет! Ведь впереди — новые горизонты — территории (и даже планеты!), где можно начинать все сначала. Такой ход рассуждений невольно напоминает «заботу» о чистоте, ко-



Рис. 7. «Убирать здесь не стоит», — сказал Жулио... (рис. Валька)

тору ю проявлял персонаж романа-сказки Н. Носова «Незнайка на Луне»:

— У вас, голубчик, в этой комнате слишком много скопилось дряни, — сказал он однажды... — Однако убирать здесь не стоит. Мы попросту перейдем в другую комнату, а когда насвиним там, перейдем в третью, потом в четвертую, и так, пока не загадим весь дом, а там видно будет (рис. 7).

Не правда ли, злая карикатура на воззрения апологетов, объявляющих причиной освоения космоса неспособность человечества навести порядок в своей «комнате» — отрегулировать глобальные процессы в биосфере Земли?!

Однако такая точка зрения была бы глубоко ошибочна. На самом деле освоение космоса диктуется не врожденным инстинктом «экологического самосохранения», а потребностями материального производства, науки и техники. Научные методы и технические средства космонавтики, как убеждает опыт их применения, достаточно эффективны, чтобы стать не «запасным выходом» из экологического кризиса, а столбовой дорогой по его преодолению.

Такой подход отнюдь не исключает, а наоборот, предполагает широкое задействование внеземных «кладовых» — источников сырья, предоставляемых Луной, астероидами, планетами; внеземных электростанций, аккумулирующих энергию Солнца; внеземных научно-исследовательских станций и институтов, собирающих информацию чисто космического происхождения. Организованные потоки вещества, энергии, а также глобальной и оперативной информации «польются» с космических высот на Землю, чтобы сделать ее лучше приспособленной для жизни миллиардов землян. Речь идет о правильном, гармоничном соотношении экономического развития собственно Земли и районов космоса, освоенных человеком.

В случае выноса ряда земных производств в космос может быть радикально решена проблема удаления вредных промышленных отходов, загрязняющих атмосферу и гидросферу. Конечно, при этом, как указывают А. Д. Урсул и Ю. А. Школенко [1976], было бы неразумно, недальновидно и неэтично считать космос, хотя бы и безбрежный, исключительно местом свалки земных отходов.

Уже в настоящее время на околоземных орбитах находится множество отработавших космических объектов, количество которых оценивается в несколько тысяч. Большей частью это так называемый космический мусор: отслужившие свой век спутники, отработанные ракетные ступени, гайки, болты и т. д. Пока еще вероятность случайного столкновения функционирующего космического объекта с космическим мусором мала. По оценке специалистов, уже к 1992 г. эта вероятность значительно возрастет. Как отмечалось в материалах II Конференции ООН по исследованию и использованию космического пространства в мирных целях (1982 г.), для ограничения такой возможности международное сообщество могло бы на основе более подробных исследований согласиться на соответствующие меры, такие, как выделение определенных орбит в качестве «орбит захоронения», удаление с орбиты всех прекративших активное существование спутников, сведение к минимуму космического «мусора» и даже организация «мусоросборочных» полетов.

При проведении некоторых научных экспериментов происходит выброс в космическое пространство химически активных элементов, например паров металлов.

Эти эксперименты в принципе могут привести к непредусмотренным изменениям, вызывающим ухудшение природной среды. Они могут повлиять на плотность электронов, вызвать обеднение плазмы и создать «окно» в ионосфере. Считается, что при проведении подобных экспериментов необходимо проявлять осторожность, даже несмотря на то, что пока в ходе изучения воздействия на природную среду не было зарегистрировано никаких серьезных долгосрочных последствий.

Таким образом, уже сейчас намечаются и принимаются определенные меры, защищающие космическую среду от возможных загрязнений. Но, естественно, основное внимание приковано к тому, чтобы использовать возможности космических средств для контроля и координации мер по охране природной среды Земли и по учету ее ресурсов.

Благодаря космическим методам становится возможным всесторонний глобальный и оперативный учет всех естественных природных процессов и вместе с тем результатов преобразующей природу деятельности человека.

Космос интенсивно вовлекается в решение народнохозяйственных задач. Главной отраслью, где было бы наиболее эффективно применение дистанционного зондирования, является сельское хозяйство. Уже в первом десятилетии космической эры был сделан вывод о целесообразности специальных наблюдений за почвами, растительностью, лесными массивами, водными акваториями, состоянием и урожаем сельскохозяйственных культур.

Необычайно важным является учет растительной биомассы полей, в частности тех, которые используются для выпаса скота. Точность, достигаемая современными методами спутникового зондирования, позволяет уверенно прогнозировать запасы этой продукции на ближайшую перспективу (сезон). Имеются серьезные возможности для совершенствования мер (включая выработку обоснованных и своевременных рекомендаций), которые существенно улучшают воспроизводство продуктов питания для человека и корма для животного водства.

Для засушливых районов необычайно существенным является поиск подземных источников воды. Разведка из космоса этих источников облегчит работу геологов, что особенно важно в жарких труднодоступных

пустынях, и тем послужит развитию там орошаемого земледелия и решению пищевой проблемы.

Космические средства могут многое сделать для ликвидации голода. В этой связи следует подчеркнуть важное, но, по-видимому, не всем известное обстоятельство. Современные тенденции глобальных явлений (погоды, климата) сводятся к тому, что стремительно возрастает территория засухливых районов. Причиной тому служат очень многие явления, и, как часто это бывает в таких случаях, в природе возникает своего рода цепная реакция. Засухливые районы на Африканском континенте неуклонно продвигаются на юг, в сторону экваториальных широт. С этим связано дальнейшее уменьшение выпадения осадков в засухливых районах и одновременное увеличение выпадения осадков в экваториальной области — там, где их и так очень много. Процессы становятся несбалансированными и как бы усиливают друг друга.

Именно несбалансированность экологических процессов стала причиной хронического голода огромных масс населения.

Это пример глобальной взаимосвязи процессов, которые охватывают не только большую часть Африки, но и в определенной степени другие районы земного шара: Австралию, Южную Америку. Оказывается, только космические средства могут осуществлять контроль и прогноз этой ситуации.

Существующие уже сейчас космические аппараты обеспечивают получение данных все возрастающей точности о таких важных для человечества объектах, как геоморфологические структуры, в том числе структуры с признаками наличия месторождений различных полезных ископаемых. Из космоса по определенным признакам можно осуществлять поиск и нефтеносных районов, а также областей, перспективных в отношении добычи полезных ископаемых. Сейчас пока что требуется проверка и корректировка данных космической разведки.

Однако техника совершенствуется, и можно ожидать, что в ближайшие несколько десятков лет затраты на составление соответствующих карт будут резко снижены.

Можно видеть также, что повышение содержания углекислого газа затрагивает атмосферу Земли в целом, приводит к усилению парникового эффекта и влечет за собой грубое нарушение гомеостаза в отношениях

человек — биосфера. С последствиями, которые при этом возникнут, будет нелегко совладать. По расчетам Н. Н. Моисеева [1986], повышение средней температуры планеты на $3\text{--}5^{\circ}\text{C}$, так же как и ее понижение на $3\text{--}3,5^{\circ}\text{C}$, грозит катастрофическими последствиями. В этих условиях, считает исследователь, человечество вряд ли сможет просуществовать, несмотря на всю мощь современной науки и техники.

Аспект космической антропоэкологии выходит за рамки национальных интересов. Он затрагивает интересы всех жителей Земли в общечеловеческом масштабе, переходит границы государств. Более того, проблемы, возникшие перед человечеством, принципиально не могут решиться в рамках одного или нескольких, пусть даже и могущественных государств. Сам процесс требует не только глобального рассмотрения, но и глобального отношения к нему людей. Нельзя, например, сводить вопрос к ограничению выброса сернистых газов промышленными предприятиями Канады, если подобные ограничения не вводятся на территории США.

Освоение космоса оказало положительное влияние на развитие средств связи. Уже многие государства смогли по достоинству оценить выгоду от применения спутников связи. Особенно она велика там, где приемные и передающие пункты разделены большими расстояниями, где много труднодоступных мест. Первым применением космонавтики в народном хозяйстве нашей страны стали именно спутники связи «Молния-1». И вновь проявилась черта, типичная для современных космических средств, — глобальность их действия. Нынешний уровень развития космической связи позволяет в принципе установить контакт между любыми населенными пунктами нашей планеты без дорогостоящей системы проводов. Беспроводная связь через спутники Земли продемонстрировала экономичность, достаточную надежность и защищенность от различных атмосферных помех (чем не обладали, например, радиорелейные системы). Имеется возможность направленного действия средств спутниковой связи на определенный приемный пункт. В свою очередь, это обстоятельство открывает возможности проведения прицельных передач, осуществляющих систему повышения образования на самом высоком уровне, с привлечением в качестве педагогов самых выдающихся деятелей той или иной области науки и культуры.

Открываются перспективы передачи медицинской информации из любого пункта земного шара в самую лучшую клинику мира, чтобы оттуда получить консультацию, оптимальные врачебные рекомендации.

Таким образом, благодаря космическим средствам может быть установлена надежная информационная, образовательная, медицинская, культурная связь с природно-географическими районами, территориально-производственными комплексами, где трудятся и осваивают природные богатства большие людские контингенты.

Нельзя забывать и роли космических средств в повышении безопасности морских и воздушных перевозок. Прошло немного времени с того дня, как Советский Союз, США, Франция и Канада основали Международную космическую систему поиска терпящих бедствие судов и самолетов (КОСПАС—САРСАТ) и предоставили для нее оборудование. В течение считанных минут, проходящих от подачи первого сигнала бедствия, системы слежения за спутниками обнаруживают то место в воздухе, на земле или на море, где произошла катастрофа. С тех пор как система КОСПАС—САРСАТ была введена в действие — сентябрь 1982 г. — по состоянию на июль 1985 г. было спасено свыше 410 человек. Таковы возможности системы, по сути дела, еще не вышедшей из экспериментальной фазы. Развитие подобных космических систем связи и навигации позволит обеспечить на современном уровне экстренную помощь и безопасность людям, терпящим бедствия при авариях средств передвижения.

Имеется в виду также, что из космоса легко определяются координаты айсбергов в океане, представляющих угрозу мореплаванию. Отлично просматривается и распределение льдов в Арктике, что облегчает проводку судов по Северному морскому пути.

Пока все еще сохраняется серьезная зависимость человека от погоды и климата. Ныне считается, что метеорологические спутники и спутники для изучения земных ресурсов и окружающей среды следует рассматривать в качестве взаимодополняющих и частично перекрывающих друг друга подсистем глобальной системы наблюдений Земли, использующей методы дистанционного зондирования. Важным направлением метеорологических исследований является контроль за медленно текущими атмосферными процессами и изу-

чение влияния этих медленных изменений на долгосрочный характер погоды. Специалисты доказывают, что деятельность человека влияет на ряд параметров, ответственных за формирование погоды и климата: глобальное альbedo (отражающая способность земной поверхности), объем и распределение двуокиси углерода, хлорофторных углеводородов, озона и пыли. Разрабатываются усовершенствованные датчики для измерения этих параметров с борта спутников. Следует еще раз подчеркнуть большое значение для метеорологии наблюдений за океаном. При этом используется сочетание информации, приходящей непосредственно со спутников, и получаемой так называемыми платформами для сбора данных. Последние устанавливаются в удаленных, труднодоступных районах на заякоренных или дрейфующих буйах или кораблях или запускаются на шарах-зондах. Спутники, находящиеся на геостационарной орбите, могут принимать данные с большого числа таких метеорологических платформ — до 10 тыс. Прогнозирование погодных условий предполагает обобщение информации, собираемой во многих странах и целых регионах. Поэтому прогресс в этой области возможен лишь в условиях тесного международного сотрудничества. Метеорология постоянно обогащается системой космических методов, которые в будущем позволят качественно поднять точность и надежность прогнозов.

Спутники сделали возможным коренное усовершенствование получения и сбора метеорологической информации. Они позволили получать сведения, ранее недоступные и чрезвычайно важные, в том числе оперативно выявлять крупномасштабные атмосферные процессы — циклоны и ураганы и т. д. Как известно, своевременные штормовые предупреждения, выданные благодаря спутникам, сыграли свою роль в спасении десятков тысяч человеческих жизней.

Для раннего обнаружения сильных тропических штормов оказались исключительно полезными геостационарные метеорологические спутники. Благодаря охвату с высоты около 3 тыс. км больших участков земной поверхности они обеспечивают непрерывное наблюдение за структурой облачного покрова. Все яснее становятся зависимости, связывающие максимальную скорость ветра ураганов с типом облачной спирали и ее диаметром. Ключевым элементом специальной Прог-

раммы изучения тропических циклонов, осуществляемой Всемирной метеорологической организацией, является использование метеоспутников.

Космические средства не действуют изолированно от земных, а дополняют данные сложившейся сети метеорологических наблюдений. Так, в систему Государственного комитета СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды (Госкомгидромет) входит свыше 130 обсерваторий, около 3500 станций и почти 8500 постов. По далеко не полным данным, благодаря прогнозам Гидрометеорологической службы СССР удастся сохранить материальные ценности на сумму до 700 млн руб. в год. Вклад в это космических методов уже теперь весьма существен.

Совет экономических экспертов США привел свою оценку эффекта, ожидаемого от надежного спутникового прогнозирования погоды сроком на пять суток. Такой эффект, по мнению экспертов, должен составить 5,5 млрд долл. в год.

Однако экономический эффект от освоения космоса выходит за рамки того, что можно назвать прямой выгодой или непосредственной пользой. По множеству каналов и направлений космонавтика оказала мощное опосредованное влияние на земную экономику, благотворно сказалась в различных сферах традиционной хозяйственной деятельности. Развитие технических средств освоения космоса вызвало к жизни ракетно-космическую промышленность. В рамках этой отрасли возникли и вслед за тем распространились в смежные отрасли науки, техники и производства не только совершенные методы организации и управления, но и многочисленные материалы, устройства и технологические процессы. Ракетно-космическая техника стимулировала такие направления повышения эффективности производства, как механизация, автоматизация, компьютеризация. Приборы и агрегаты, создаваемые для космических полетов, во многих случаях становились прототипами серийных образцов «земной» продукции. Важной специфической характеристикой бортовых систем космических аппаратов является их высокая экономичность. Это и другие технико-экономические достоинства, заложенные в конструкциях уникальных космических машин и апробированные в ходе их летных испытаний, становятся доступными для тиражирования на конвейерах предприятий различных отрас-

лей народного хозяйства. Такова, например, история разработки одного из первых массовых транзисторных радиоприемников «ВЭФ — Спидола». Первоначально он был спроектирован в объединении ВЭФ по заказу С. П. Королева для установки на кораблях серии «Восток».

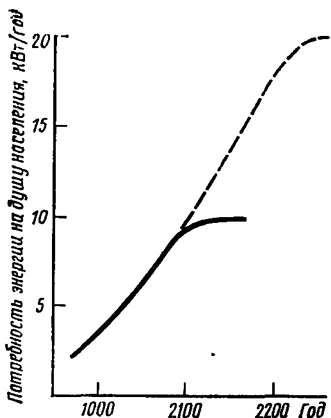
Таким образом, в целом неоспоримо стимулирующее влияние, оказываемое космической индустрией на хозяйственную деятельность на Земле. Вместе с тем человечество вплотную подошло к осуществлению идей К. Э. Циолковского о ведении такой деятельности вне Земли. Уже теперь можно говорить о развитии новых технологий и в зачатке промышленных производств на околоземных орбитах, о непосредственном вовлечении космического пространства в сферу производства материальных благ.

К. Э. Циолковский прямо указывал, что условия космоса позволяют производить всевозможные заводские работы, например сваривание металлов, выделение металлов из руд, ковку, литье, прокатку и т. д. Всему этому способствует высокая температура, и не ослабленная атмосферой энергия лучей Солнца, отсутствие силы тяжести в условиях космического полета, резкие контрасты температур, отсутствие газов при металлургических работах. Мысль основоположника космонавтики рисовала гигантские космические оранжереи, обеспечивающие людей продуктами питания. К. Э. Циолковский писал о других небесных телах как об источниках строительного материала и минерального сырья.

Современный этап развития космонавтики привел к осуществлению в той или иной мере многих элементов плана К. Э. Циолковского. Иначе и быть не могло. Ведь этот план обусловлен растущими экономическими потребностями человечества. Мировой энергетический кризис заставил с новой, реальной заинтересованностью обратиться к идеям, высказанным калужским мечтателем в начале века (рис. 8).

Появились проекты космических солнечных энергосистем. Предполагается расположить на геостационарной орбите полупроводниковые преобразователи солнечного света в электроэнергию. Например, для этих целей подойдет натянутая на ажурном каркасе пленка с напыленным на нее кремнием. Площадь пленки сможет достичь сотни квадратных километров, а то и

Рис. 8. Прогноз роста энергетической мощности на душу населения в мире [по: Уманский, 1985]



больше. Передача на Землю собранной солнечной энергии будет осуществлена направленным пучком в микроволновом диапазоне. Детальный анализ такого проекта, предпринятый специалистами, показал, что его практическое осуществление потребует намного больше усилий,

чем те, которые когда-либо затрачивались человеком при выполнении научно-технической программы. Однако при этом не наблюдается никаких технических препятствий, которые нельзя было бы преодолеть в течение ближайших двух десятилетий, если к осуществлению этой программы приступить в настоящее время. Оценка экономической стороны и преимуществ космических солнечных энергосистем перед другими методами производства энергии производится с учетом современной топливно-энергетической конъюнктуры.

Активно претворяются в жизнь и предложения К. Э. Циолковского об использовании космических условий, процессов и факторов для промышленных целей. Уже теперь в цехах земных заводов и фабрик не удастся полностью удовлетворить потребности развития производительных сил, многие из которых могут быть удовлетворены только в космосе. Действительно, длительная невесомость принципиально не имитируется в наземных лабораториях. Глубокий (менее 10^{-4} мм рт. ст.) вакуум, подобный тому, что есть в открытом космосе, на Земле создается в емкостях ограниченных размеров и лишь на ограниченное время. Что касается температур — низких и высоких, — то на Земле для их поддержания требуются большие энергетические затраты. В открытом космосе по мере удаления от Солнца и Земли достаточно войти в тень, чтобы получить температуру ниже -200°C . Приближение к Солнцу обеспечивает повышение температур до величин выше $+3000^{\circ}\text{C}$. В газовых оболочках пла-

пет-гигантов действуют высокие (до миллионов атмосфер) давления, весьма труднодостижимые в больших объемах на Земле. В межпланетном пространстве напряженность магнитного поля в 10^3 раз меньше, чем на Земле. Ныне на космических орбитах ведется выявление индустриального потенциала всех этих условий, факторов и их разнообразных сочетаний.

Проводятся эксперименты по обработке материалов и выращиванию кристаллов. Успешно испытываются специальные инструменты, позволяющие в условиях космоса выполнять сварку, пайку и напыление металлов. Один из таких инструментов — УРИ (универсальный рабочий инструмент) — был испытан космонавтами С. Е. Савицкой и В. А. Джанибековым при выходе в открытый космос в июле 1984 г. На борту орбитальных комплексов ведутся работы по отработке технологии получения, разделения и очистки биологических и биохимических веществ.

Существуют значительные и пока не всегда удовлетворяемые потребности в ценных биологических препаратах — вакцинах, ферментах и т. д. Резко возрастает потребность в специальных вакцинах в периоды борьбы с эпидемиями. Однако в земных условиях не все вирусы очищаются сорбционным методом или с помощью ультрацентрифуги. Не всегда удовлетворительна для получения желательного профилактического или лечебного эффекта степень очистки, малы производительность и точность разделения компонентов. Таким образом, в условиях гравитации весьма затруднительно палатить массовое производство чистых и сверхчистых биологических соединений, необходимых для профилактики и лечения ряда опасных заболеваний. Разделяемые фракции трудно удерживать от оседания на дно или перемешивания в конвективных потоках. Большие надежды в этом отношении возлагают, в частности, на электрофорез в условиях невесомости. Так, весьма обнадеживающие результаты дал эксперимент «Таврия», неоднократно выполнявшийся на борту орбитального комплекса «Салют-7» — «Союз-Т». Суть его заключалась в разделении некоторых веществ для использования их в медицине, сельском хозяйстве и других отраслях. Среди заказчиков были Институт биоорганической химии им. М. М. Шемякина АН СССР, институты Министерства здравоохранения СССР, исследовательские организации, запи-

мающиеся вопросами повышения продуктивности сельскохозяйственных животных.

Использование сырьевых, минеральных ресурсов небесных тел для удовлетворения хозяйственно-экономических потребностей человечества также входит в состав перспективных задач освоения космоса. Наиболее близким источником таких ресурсов является Луна. В результате полетов автоматических станций и пилотируемых аппаратов получены сведения о распространении химических элементов и их распределении в поверхностном слое различных участков лунной поверхности. Там немало железа: на материках — более 5%, в морях — свыше 11%. В отдельных местах выявлены большие запасы титана — 5—6%. Кислород составляет почти половину лунного грунта, что облегчит освоение Луны человеком. Разрабатываются проекты «ускорительной массы» — своеобразных катапульт для доставки грузов и материалов с Луны на космическую станцию. К более отдаленной перспективе относится использование вещества астероидов для строительных целей и нужд производства в космосе.

Социально-политические мотивы освоения космического пространства. Расширение сферы хозяйственной деятельности, освоение Луны и других небесных тел, создание внеземных поселений, ускорение технического прогресса, решение демографических проблем, поднятие жизненного уровня населения, прогресс общественных отношений, путь к изобилию, коммунизму, демонстрация возможностей передового общественного строя; всемерное содействие мирному использованию космоса на благо человечеству, международное сотрудничество; противодействие попыткам агрессивных сил использовать космическое пространство в военных целях.

К числу важнейших причин, побудивших общество всемерно стимулировать освоение космического пространства, лежит и социально-политическая мотивация. Поскольку космонавтика дает в руки человечеству мощные средства глобального контроля, управления, коммуникаций, которые могут быть использованы как в общечеловеческих, так и в узкопациональных интересах, она может стать и инструментом политического давления, средством реализации агрессивных замыслов и эффективной ареной плодотворного международного

сотрудничества. В связи с этим очевидно, что космонавтика не только не индифферентна в социально-политическом отношении, но становится во все возрастающей степени важным фактором международной жизни.

Советскому Союзу решительно чужда апологетика мирового господства, при которой опора на космическую мощь рассматривается агрессивными кругами на Западе в качестве одного из наиболее весомых аргументов. В соответствии с целями строительства коммунистического общества наша страна ориентирует свою политику на установление социальной справедливости, совершенствование общественных отношений, ликвидацию всех форм закабаления и неравенства: «Все во имя человека, для блага человека». Руководствуясь этой благородной идеей, наша страна рассматривает космонавтику в качестве действенного средства в решении крупных социальных проблем на нашей планете.

Во все времена становления и развития человечества основу его общественной жизни составляло материальное производство. Освоение окружающей людей природы и рост народонаселения до сих пор всегда являлись основными условиями, необходимыми для материального производства и для развития общества.

Перемещение центров цивилизации, наблюдаемое в исторических масштабах, по-видимому, только в отдельных случаях было следствием изменений характеристик географической среды обитания. Основной причиной все же выступало развитие орудий труда, средств материального производства. Действительно, многие районы земного шара были отсталыми в хозяйственном отношении, пока люди не умели использовать их природных богатств. Только по мере развития производства эти районы становились центрами общественной жизни.

В борьбе за овладение силами природы, за освоение ее богатств происходит совершенствование техники производства и его материальной базы, а также обусловленный этим прогресс общественных отношений. Если бы средства существования преподносились как готовые природные плоды, человечество лишилось бы стимулов к развитию.

Чем шире область распространения хозяйственной деятельности человека, чем разнообразнее проявления природы, тем большую изобретательность надо проявлять для освоения ее богатств, тем больше побудитель-

ных причин к развитию науки, техники, культуры, других форм общественного сознания.

Наступление космической эры означает, что связи человека с природой становятся многообразнее и всестороннее. Перед человеком открылись такие богатства и силы Вселенной, которые ранее, до космических полетов, были принципиально недоступны, а многие и просто неизвестны. Расширение хозяйственной деятельности, овладение новыми ресурсами сырья и энергии всегда давало человеку в руки новые средства и инструменты освоения природы и способствовало прогрессу общественного сознания. Этот процесс, интенсивно происходящий ныне в связи с включением в сферу деятельности людей околоземного пространства и ближайших небесных тел, имеет те же исторические корни, что и прогрессивные перемены эпохи Возрождения.

Успех первых космических полетов сделал обособленным проведение смелых исторических параллелей. Так, академик М. В. Келдыш в 1961 г. предвидел неизбежность не только полетов, но и пребывания человека на других планетах, и отметил, что как и во времена Колумба, Магеллана и Васко да Гамы, освоение вновь открытых областей пространства, но уже не географического, а космического, становится мощным стимулом для развития хозяйственной деятельности и общественных отношений. С распространением сферы деятельности человечества на космос связаны большие надежды в плане уже анализировавшихся выше глобальных проблем. Эти проблемы имеют свой не только научно-технический, но и прежде всего социально-политический аспект. В этом смысле правомерна постановка вопроса о социально-политических мотивах освоения космического пространства.

Правомерны попытки оценить «потенциал» космонавтики — ее возможности содействовать ликвидации голода, нищеты, эпидемических заболеваний, неграмотности растущего населения Земли. Почти миллиард людей на Земле находится на грани голода. Только в 1979 г., объявленном годом ребенка, от недоедания умерли 12 млн детей до 5 лет; 500 млн азиатов, 140 млн африканцев, 90 млн латиноамериканцев лишены доступа к годной для питья воде. Две трети человечества постоянно подвержены опасности заражения болезнями, превращающими людей в калек. 400 млн человек живут в трущобах [Шахназаров, 1985]. Гигантские ме-

гаполисы продолжают непрерывно разбухать, уничтожая окрестности, плодя скученность, грязь, преступность, алкоголизм. Согласно некоторым прогнозам, к 2000 г. в мире возникнет 25 мегаполисов с населением более 10 млн человек каждый, из них 18 — в развивающихся странах¹.

Комментируя эти страшные цифры, следует учитывать социальные причины, приводящие к слаборазвитости и сопутствующим ей бедам. При оценке роли и перспектив космонавтики в жизни человечества недопустимо впадать в крайность, заключающуюся в излишнем «технологическом оптимизме» — облегченных представлениях о научно-техническом прогрессе как о своеобразной «волшебной палочке», одним махом которой снимаются все противоречия и достигается рай на Земле и в космосе. Такие упрощенные, вплоть до наивности, представления бытовали на страницах научно-популярных и даже специальных изданий в начале 60-х годов нашего века. Вместе с тем было бы неправильно недооценивать реальные возможности содействия социальному прогрессу, открытые космической эрой.

Объединение усилий государств в мирной космической деятельности может служить значительным фактором расширения взаимопонимания и сотрудничества между ними. Тем самым освоение космоса может служить эффективному использованию материальных ресурсов и человеческих сил. Космическая деятельность в мирных целях придает все новые импульсы развитию науки и техники. При этом достижения в космосе могут прямо и опосредованно содействовать экономическому и социальному прогрессу. Перспективы такого влияния космонавтики на «земные» дела настолько велики и реальны, что выделяются в числе других путей ликвидации голода и болезней, преодоления экономической отсталости развивающихся государств.

В условиях мирного сотрудничества в области освоения космоса на этом высоком поприще продолжалось бы последовательное совершенствование форм взаимодействия стран. Эти формы не исчерпывались бы обменом научно-технической информацией и налаживанием простой кооперации, а могли бы достигать уровня, позволяющего государствам решать крупномасштабные космические задачи.

¹ Земля становится больше // Правда. 1986. 1 апр.

Именно в случае глобального мирного сотрудничества в освоении космоса человечество сможет подойти к индустриализации околоземного космического пространства. Под этим понимается целенаправленное и согласованное функционирование орбитальных комплексов в единой системе с наземными промышленными объектами. На околоземных орбитах будут эксплуатироваться фабрики и заводы, являющиеся космическим продолжением земной экономики. Там, в условиях невесомости и глубокого вакуума, будут производиться новые материалы и виды промышленной продукции. Основа для разработки методов и средств подобного производства закладывается ныне в многочисленных технологических экспериментах, проводимых на борту орбитальных станций и космических кораблей. Человечество сможет вовлечь в свою хозяйственную деятельность энергию Солнца и сырьевые ресурсы небесных тел.

Интересно, что в годы первых пятилеток у молодежи, осваивавшей Советский Дальний Восток, был популярен лозунг: «Луну — на службу промфинплану!» Тогда речь шла об использовании лунных почв для лесоповальных работ — сахалинский лес, который продавался за границу, приносил валюту. Придет время, и не только лунный свет, но и лунные недра, как и другие кладовые космоса, послужат земным планам индустриального развития, и космос принесет, по словам К. Э. Циолковского, «горы хлеба и бездну могущества».

Однако космические достижения нельзя рассматривать вне связи с социальными факторами. Космические программы формируются исходя из целей конкретных государств, а их задачи являются одним из наиболее концентрированных выражений государственной политики. Характер космических программ находится в прямой зависимости от социально-экономических отношений, составляющих основу того или иного государства. Рассматривая связь научно-технических достижений космонавтики с социальными факторами, нельзя не видеть истоки таких неблагоприятных явлений, как использование спутников связи в целях ведения «психологической войны»; диктат в отношении государств, не располагающих собственными космическими средствами; попытки втянуть целый ряд государств в осуществление космических милитаристских проектов.

Во исполнение так называемой стратегической оборонной инициативы (СОИ) Соединенными Штатами Америки предпринимаются действия, направленные на разработку космического оружия. Планируется создание и развертывание ударных космических вооружений, способных поражать объекты в космосе и из космоса, в воздухе и на земле. То, что называют исследовательской программой СОИ, фактически является первой очередью проекта создания новой системы противоракетной обороны (ПРО), запрещенной соответствующим Договором 1972 г. Уже в ближайшие годы на эти цели предполагается выделить ассигнования в сумме 70 млрд долл., что более чем в два раза превышает стоимость программы «Аполлон». Превращение космического пространства в театр военных действий создает небывалую угрозу жизни на Земле.

Будучи последовательным и принципиальным противником гонки вооружений, Советский Союз с самого начала космической эры настойчиво проводит политику, направленную на недопущение милитаризации космического пространства. Сразу же после запуска первых искусственных спутников Земли, в 1958 г., СССР внес в ООН предложение о запрещении использования космоса в военных целях. В последующие два десятилетия были заключены такие договоры, как многосторонний Договор о запрещении испытаний ядерного оружия в атмосфере, в космосе и под водой (1963 г.), Договор о принципах деятельности государств по исследованию и использованию космического пространства, включая Луну и другие небесные тела (1967 г.), советско-американский Договор об ограничении систем ПРО (1972 г.). Эти договоры и ряд других соглашений создали предпосылки для начавшего было налаживаться космического сотрудничества. Если бы удалось пресечь расползание оружия за пределы Земли, то объединение усилий государств в космосе могло бы продолжаться и приводить к качественно новым достижениям на благо народов нашей планеты.

Очередной важной инициативой Советского Союза, выступающего за мирное освоение космоса, явились предложения об основных направлениях и принципах международного сотрудничества в мирном освоении космического пространства в условиях его немилитаризации, направленные в августе 1985 г. генеральному секретарю ООН.

12 декабря 1985 г. 40-я сессия Генеральной Ассамблеи ООН приняла резолюцию о предотвращении гонки вооружений в космическом пространстве. Этот документ был подготовлен делегациями ряда неприсоединившихся, а также других стран при активном участии делегации Советского Союза. Он явился результатом рассмотрения на сессии вышеупомянутых предложений СССР, проектов резолюций, которые были представлены КНР, ПНР, а также другими государствами. Резолюция была одобрена голосами 151 страны — члена ООН. Это недвусмысленно выразило волю международного сообщества предотвратить гонку вооружений в космосе, обеспечить его мирное освоение совместными усилиями государств. При голосовании воздержались только США и Гренада¹.

В июне 1986 г. Советский Союз предложил на рассмотрение международного сообщества государств *поэтапную программу совместных практических действий по мирному освоению космоса*. Она рассчитана на три этапа и имеет целью до 2000-го года заложить прочные материальные, политико-правовые и организационные основы «звездного мира». В результате реализации этой программы «закладывалась бы организационная и материальная инфраструктура для целого ряда крупных проектов, связанных с совместным созданием космических аппаратов, включая орбитальные станции и платформы научно-производственного назначения, межпланетные пилотируемые корабли, для перехода уже в первых десятилетиях XXI в. к практическому освоению и использованию Луны, в том числе в качестве базы для осуществления полетов к другим планетам»².

Прекращение милитаризации космоса позволит человечеству сосредоточить усилия на созидательной деятельности, охватить ею околоземное пространство и более отдаленные регионы космоса и обрести там новые источники материального изобилия и духовного расцвета.

¹ Правда. 1985. 14 дек.

² Правда. 1986. 13 июня.

Первые итоги практического освоения космического пространства. Этапы, характер, темпы развития космонавтики в XX в. Космонавтика — детище передового общественного строя, воплощение передовых достижений в области технических и биологических наук. Достигнутые рубежи, тенденции развития

Остановимся на хронологии событий и оценим темпы развития космонавтики с помощью некоторых количественных и качественных критериев.

Вывод на орбиту первого искусственного спутника Земли — ИСЗ (4.10.1957, СССР).

Полет ИСЗ с животным (3.11.1957, СССР).

Достижение летательным аппаратом второй космической скорости (2.01.1959, СССР).

Возвращение с орбиты спускаемой капсулы с грузом (18.08.1960, США).

Возвращение с орбиты спускаемой капсулы с животными (20.08.1960, СССР).

Первый полет человека, гражданина СССР Ю. А. Гагарина (12.04.1961).

Вывод на орбиту первого экипажа в составе нескольких человек (12.10.1964, СССР).

Первый выход человека в космическое пространство (18.03.1965, СССР).

Первая посадка космического аппарата на Луну и передача на Землю телевизионного изображения Луны (3.02.1966, СССР).

Вывод на орбиту вокруг Луны первого пилотируемого космического корабля (24.12.1968, США).

Высадка первых людей на поверхность Луны (20.07.1969, США).

Первая доставка на Землю лунного грунта автоматическим космическим аппаратом (24.09.1970, СССР).

Вывод на орбиту первой орбитальной станции (19.04.1971, СССР).

Первая стыковка двух пилотируемых космических кораблей разных стран (17.07.1975, СССР, США).

Первый полет международного экипажа (2.03.1978, СССР).

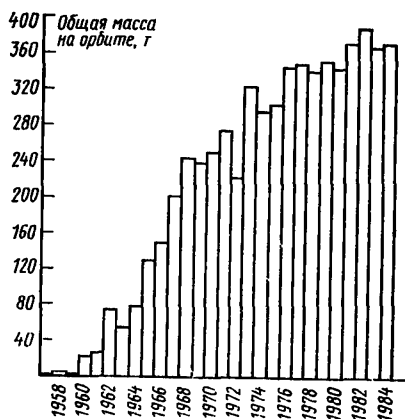
Первый полет многоразового транспортного космического корабля «Спейс Шаттл» (12.04.1981, США).

Вывод на орбиту первого спутника-спасателя международной системы КОСПАС-САРСАТ (30.06.1982, СССР).

Наиболее продолжительный полет космонавтов — 236 суток 22 ч 49 мин (8.02 — 2.10.1984, СССР).

Рис. 9. Общая масса на орбите искусственных спутников Земли СССР (1957—1984 гг.)

Всего за период 1957—1984 гг. только в Советском Союзе было запущено 2024 космических летательных аппарата общей массой 12,5 тыс. т (рис. 9). Из этого количества 58 летательных аппаратов развили вторую космическую скорость. Столько же — 58 космических кораблей — были пилотируемыми.



На протяжении последних 15 лет в нашей стране ежегодно стартует в среднем от 100 до 120 космических летательных аппаратов различного класса и назначения. И хотя с количественной точки зрения темпы освоения космического пространства стабилизировались, в качественном отношении этот процесс постоянно развивается. Непрерывно совершенствуется конструкция летательных аппаратов, расширяется сфера их применения, увеличиваются полезная отдача, эффективность.

Применительно к пилотируемым космическим полетам можно отметить, что на фоне довольно равномерного наращивания числа полетов и их участников на протяжении 25-летнего периода отчетливо выявляется опережающий рост показателей, характеризующих суммарное время пребывания человека в космосе (рис. 10). Возрастающая длительность пилотируемых полетов рассчитана на увеличение полезной отдачи от экипажей и связана с выходом на качественно новый уровень в решении комплекса проблем обеспечения эффективности и безопасности космических миссий. Разумеется, эта тенденция не является единственно возможной и, обращаясь к реализуемой в США программе освоения космического пространства, можно убедиться, что длительность полетов не играет в ней приоритетной роли, а периодичность и число участников космических полетов растут опережающими темпами. Различия этих стратегий, отражая определенную разницу целевых установок в освоении космоса, в то же

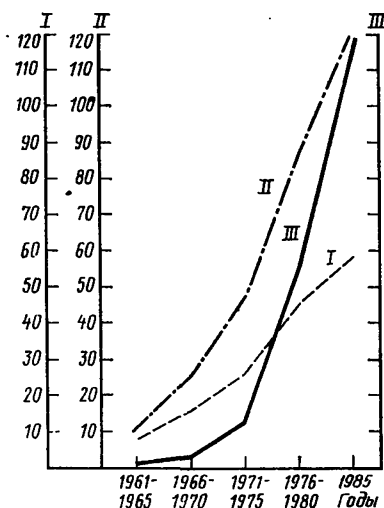


Рис. 10. Рост числа пилотируемых полетов (I), их участников (II) и суммарного времени пребывания человека в космосе (III), человеко-годы (1961—1985 гг.)

время демонстрируют главную черту современного этапа развития космонавтики: ее бурный прогресс, качественный подъем, выражающую тенденцию к дальнейшему развитию.

Исследования космического пространства уже давно вышли за рамки отдельных стран

и приобрели черты широкого международного сотрудничества. Начиная с 1961 г. функционирует Комитет ООН по использованию космического пространства в мирных целях, в который к 1980 г. входило 53 государства. Организация «Интеркосмос» успешно объединяет усилия 10 социалистических стран в проведении космических исследований. 10 европейских стран объединились в Европейское космическое агентство.

Семь стран — СССР, США, Франция, Япония, КНР, Англия и Индия — проводят космические исследования, используя национальные технические средства. С помощью иностранных ракет-носителей запускали искусственные спутники Земли Канада, Италия, Австралия, Западная Германия, Нидерланды, Испания, Чехословакия. На советских космических летательных аппаратах совершили полеты граждане 11 иностранных государств. Интернациональные экипажи формируются и в рамках программы «Спейс Шаттл».

Таким образом, 25-летний опыт освоения космического пространства дает полные основания для вывода о том, что, вступив в космическую эру, человечество не думает сворачивать со звездного пути; ибо с движением по этому пути связано его будущее.

Вот почему люди вдумчиво анализируют тенденции, присущие космонавтике сегодняшнего дня как передовой научно-технической дисциплине. Методологический

а анализ позволяет выделить несколько таких тенденций, некоторые из них уже превратились в устойчивые факторы. Есть основания полагать, что эти тенденции развития космонавтики сохранятся и упрочатся при вступлении человечества в грядущий век. Естественно, что указанные особенности свойственны в той или иной мере науке и научно-техническому прогрессу в целом. Однако при освоении космоса они приобретают совершенно особую, определяющую роль.

Значение отдельных тенденций, признаков и черт космонавтики, которые приведены ниже, отнюдь не убывает в порядке перечисления; все они по-своему важны для того, чтобы представить облик космонавтики на рубеже будущего столетия. По-видимому, этот портрет, а точнее — эскиз будущего портрета, должен отразить свыше десятка наиболее существенных особенностей.

1. *Междисциплинарность.* Все более усиливающееся взаимодействие и интеграция отдельных отраслей научного познания, включенных в космонавтику. Их синтез. Комплексный подход к решению исследовательских и научно-практических задач, решаемых космическими средствами. Широкий взаимообмен идеями и методами между учеными разных специальностей, вовлеченных в сферу космических исследований. Следует отметить, что наблюдаемый в космонавтике процесс интеграции отдельных отраслей диалектически связан с процессом дифференциации, узкой специализации, вычленения узких, локальных областей исследования, появления во все возрастающем количестве частных дисциплин.

2. *Крупномасштабность планирования, организации и координации космической деятельности.* Космические исследования с необходимостью привели к созданию совершенных, можно даже сказать изощренных систем планирования научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Задачи подобного рода решались и раньше в других областях. Но космонавтика вызвала к жизни новые, небывалые масштабы организационной научной и научно-технической деятельности. Сложность ракетно-космической техники подразумевала с самого начала ее становления использование производственных мощностей множества министерств и ведомств. В одно место стекалось то, что делалось тысячами людей, а иногда и тысячами предприятий. Плановый ас-

пект этих работ не имел прецедентов. Надо было поставить дело так, чтобы каждая из нескольких сотен тысяч, а то и миллионов деталей была надлежащим образом спроектирована, изготовлена, скомплектована, испытана, проверена, соединена и вошла в единую систему создаваемого космического аппарата.

Сейчас указанная тенденция усиливается по мере развития международной кооперации в деле исследования космоса. Тенденция эта хорошо прослеживается на примере Европейского космического агентства. Как известно, в каждой из 10 стран его участниц существуют свои традиции, особенности технологии, формали, размерности, системы исчисления и т. д. Для создания и реализации объединенного европейского проекта «Спейс-лаб» потребовалась огромная работа, направленная на унификацию научных, технических и производственных подходов. Это было необходимо, чтобы приборы, изготовленные в одной стране, могли бы стыковаться — по механическим, электрическим и даже инженерно-психологическим характеристикам — с приборами, созданными в другой стране.

Подобный процесс координации, объединения усилий, унификации подходов интенсивно идет и между различными министерствами, ведомствами, учреждениями, предприятиями, институтами стран, ведущих космические исследования. Следует подчеркнуть, что указанные плановые элементы, столь естественные для социалистических государств, с успехом могут использоваться для планирования и оптимального выполнения не только космических, но и других важных операций глобального масштаба, например в целях охраны и оздоровления окружающей среды.

3. *Высокая степень автоматизации и компьютеризации*, неустанный поиск оптимального и гармоничного сочетания свойств человека и автоматов как на борту пилотируемого корабля, так и в рамках всей космической программы (при определении соотношения между пусками пилотируемых и беспилотных аппаратов). Достигается высвобождение человека от рутинных, монотонных и трудоемких операций и максимально полное использование его творческого, поискового потенциала.

4. *Индустриализация науки*. Свидетельством этому являются умножающиеся связи между научно-исследовательскими и производственными организациями; рост и укрепление научно-производственных объедине-

ний; невозможность проведения серьезных теоретических изысканий без работы космической промышленности; превращение системы предприятий, имеющих отношение к космонавтике, в одну из ведущих отраслей народного хозяйства. В рамках космической индустрии происходит особенно тесная интеграция науки и производства, наиболее наглядно проявляется превращение науки в непосредственную производительную силу.

5. *Большая экономическая стоимость.* Этот фактор во многом обуславливает уникальный характер тех или иных космических экспериментов, трудность или невозможность их повторения. Уникальность ряда космических экспериментов вытекает также и из труднодоступности отдаленных областей Солнечной системы, и из естественного хода астрономических ситуаций, оказывающихся благоприятными лишь однажды за много месяцев, лет, а то и столетий. Так, сближение кометы Галлея с Солнцем происходит один раз в 76 лет, что регламентирует графики посылки станций для ее изучения. Эксперимент, который можно провести лишь раз в столетие, вполне заслуживает эпитета «уникальный». Несколько лучше обстоит дело на околоземной орбите, например с наблюдениями серебристых облаков или полярных сияний. Однако и они видны не каждый день, а стечение обстоятельств, способствующих их наблюдению, бывает и того реже.

6. *Наземное моделирование.* Еще со времен Леонардо да Винчи, а может быть и раньше, естествоиспытатели на основе наблюдений создавали модели и по ним делали выводы о сложных явлениях, в том числе и о живой природе. Так, используя построенную им модель, Леонардо да Винчи изучал работу хвоста птицы в полете. Если обратиться к истории авиационной техники, то на разных этапах ее развития обнаружится важнейшая роль летающих моделей как средства экспериментального исследования.

Важное место занимает моделирование условий и факторов космического полета в космической биологии и медицине. Как известно (и об этом более обстоятельный рассказ впереди), при полете в космос на организм человека могут действовать три основные группы факторов.

Существуют и развиваются подходы к моделированию первой группы таких факторов, характеризующих

космическое пространство как среду обитания: это высокая степень разрежения газовой среды, понижающее излучение, особенности теплопроводности и т. д.

Моделируются факторы второй группы, связанные с динамикой полета летательных аппаратов: ускорение, вибрация, шум, кратковременная невесомость. Что касается длительной невесомости, то она принципиально невоспроизводима на Земле. Значение невесомости возрастает с увеличением продолжительности полетов. Общебиологические представления о генезисе изменений в организме, обусловленных влиянием невесомости, во многом обязаны своим формированием экспериментальным исследованиям при моделировании ряда ее физиологических эффектов в земных условиях. Таковы эксперименты с гипокинезией, водной иммерсией, с кратковременной невесомостью в лифтах и самолетах-лабораториях.

Еще в рамках авиационной медицины было начато, а в период подготовки полетов человека в космос приобрело широкий размах моделирование факторов третьей группы, связанных с пребыванием человека в герметическом помещении малого объема с искусственной средой обитания. Это своеобразный газовый состав и температурный режим в помещении, ограничение двигательной активности, изоляция, эмоциональное напряжение, изменение биологических ритмов.

Все перечисленные факторы в реальных условиях оказывают сочетанное влияние на организм человека. Поэтому несомненный теоретический и практический интерес приобретает комплексное моделирование, позволяющее оценить модифицирующее влияние каждого из факторов.

7. Системный подход. Применение системного подхода в космонавтике вытекает из других ее особенностей, таких, как междисциплинарный характер и крупномасштабность планирования, организации и координации космических исследований. Системный подход, системный анализ, системные исследования — не просто модные слова, свидетельствующие о понимании исследователем сложности и комплексности поставленных перед ним задач [Гвишиани, 1980]. Несомненно — это научная методология. Она требует для своего успешного применения специальных знаний и навыков.

Существенная отличительная черта методологии системных исследований, вызванных к жизни космическими программами — непосредственная направленность на решение практических задач. По определению академика В. Г. Афанасьева [1981], системный анализ позволяет расчленить сложную систему на элементы, сложную задачу — на совокупность простых, выразить их количественно, а значит — с большей степенью точности. Мало того, сложная задача может быть сведена не просто к менее сложным, но именно к таким, для решения которых есть отработанные методы.

Глубокое понимание и широкое использование методологии системного подхода характеризовало конструкторскую школу С. П. Королева. При создании уникальных космических аппаратов, сложность и новизна которых не имели прецедентов, Королев рекомендовал пользоваться принципом достижения гарантированного успеха путем простейших отработанных решений. Этот принцип настойчиво проводился им в жизнь. Достаточно вспомнить о катапультном кресле и парашютной системе посадки, применявшихся на кораблях серии «Восток» и заимствованных из авиационной практики. Хорошо отработанные узлы и агрегаты соединялись в системы, предназначенные для выполнения принципиально новых функций — обеспечения орбитального полета человека.

Системный подход включает в себя, в частности, выделение целостных показателей, присущих системе в целом, а также аддитивных показателей, определяемых простым суммированием показателей ряда подсистем. Космические исследования выступили крупнейшим потребителем и вместе с тем стимулятором науки об управлении научно-техническими программами. Несомненен тот факт, что сумма потенциалов частных научно-технических дисциплин, породивших космонавтику, многократно умножилась за счет приобретения этим комплексом наук нового качества — целостности, ориентированной на освоение космоса.

Космические исследования, кроме всего прочего, продемонстрировали весьма важный и актуальный ныне аспект системного подхода — неразрывную связь процессов управления и исполнения в науке и на производстве; важность сочетания коллективных усилий с персональной ответственностью; безусловную необходимость сознательной дисциплины на всех уровнях.

8. Математизация. Этот процесс принадлежит к важнейшим направлениям развития современной науки в целом. Уже упомянутый системный анализ, а также теория сетевого планирования, теория принятия решений, теория операций, которые широко применяются в космонавтике, по своим формам и методам относятся к математическим дисциплинам. Очевидно, что без современного математического обеспечения и использования ЭВМ нельзя было бы решить круг проблем, связанных с управлением и навигацией космических кораблей.

Проникновение в космос способствовало использованию математических подходов при решении самых разнообразных задач, выдвигаемых естественными дисциплинами. Данное положение хорошо иллюстрируется хотя бы на примере космической биологии и медицины.

Математические методы весьма широко используются при анализе электрофизиологической информации, передаваемой из космоса. Только применение математических алгоритмов и ЭВМ позволяет оперативно обрабатывать передаваемые по телеметрическим каналам электрокардиограммы и другую физиологическую информацию в темпе сеанса связи. Ныне исследуются не только традиционные диагностические признаки, такие, как временные и амплитудные интервалы ЭКГ, но и спектральные характеристики и другие свойства процессов. Специалисты все чаще прибегают к автоматической обработке электрофизиологических параметров не только в ходе полетов, но и при отборе и наземных обследованиях космонавтов. Теоретической основой автоматической обработки служит теория кодирования.

Но применение математических методов в космической биологии и медицине не исчерпывается анализом и обработкой первичной информации.

Увеличивается роль системных математических моделей при изучении самых разных объектов. Большой вклад в становление системного подхода в физиологии внес академик П. К. Апохин. Ныне метод системных моделей развивается как за рубежом (США, ФРГ, Япония и др.), так и в Советском Союзе. Этот метод используется в коллективах, руководимых Н. М. Амосовым, О. Г. Газенко, В. И. Шумаковым и другими учеными, для прогнозирования состояния человека в экстремальных условиях, при интенсивной терапии

и др. В будущем можно ожидать включения моделей в состав комплексов медицинского контроля для использования экспертами.

Существует тесная связь математических методов, применяемых в рамках космической биологии и медицины, с прогрессом вычислительной техники и с потребностями физиологов. Обоснованно считается, что в связи с экспериментальными исследованиями и непосредственным обеспечением космических полетов и благодаря развитию ЭВМ намечились новые перспективные направления. Появление сканеров для рентгеновской, эмиссионной и ультразвуковой томографии привело к получению новой важной информации о функциональном состоянии внутренних органов. Только с помощью специальных алгоритмов на ЭВМ стала возможна реконструкция сечения исследуемого объекта по его проекциям, благодаря чему стала выполнима интерпретация изображений. Благодаря решающей роли вычислительной техники этот метод получил название машинной томографии. Также с помощью ЭВМ определяется объем тела по данным стереофотометрии.

МикроЭВМ и микропроцессоры позволяют упростить схемы, уменьшить габариты и стоимость и обуславливают гибкость разработок систем медицинского контроля как для интенсивного наблюдения, так и для обследования и отбора космонавтов. Большие перспективы имеет сопряжение микропроцессоров с аналитико-измерительной аппаратурой, а также миниатюризация бортовой аппаратуры. Часть функций наземной обработки можно будет передать бортовым системам.

Совершенствование программного обеспечения и увеличение объема запоминающих устройств ЭВМ привели к широкому распространению баз данных и систем управления ими. Система накопления медико-биологических данных и доступа к ним потребителя в режиме диалога не только совершенствует информационное обеспечение исследований, но и активно влияет на их планирование.

Таким образом, можно проследить вызванное освоением космоса внедрение в медико-биологическую науку промышленных методов переработки информации. Хранение и использование больших объемов информации об участниках полета, наземных исследованиях и прошлых полетах оптимально осуществляется на магнитных дисках с быстрым обращением к ним через ЭВМ.

Математические методы широко используются при планировании научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в космической биологии и медицине.

9. *Дистанционный характер.* Изучаемый объект отделен от наземных пунктов управления наземными расстояниями. Особенно непривычна была поначалу эта ситуация для врачей-клиницистов. Обследуемый идет по Луне, откуда до ближайшей клиники свыше 380 тыс. км. Все же посредством телеметрии космические доктора умудряются, пусть и в переносном смысле, «держать руку» на пульсе астронавта.

Интересной особенностью выступает так называемое коммутационное запаздывание при прохождении информации по радиолиниям Земля—борт космического корабля. Это запаздывание невелико при орбитальных полетах. Но при исследовании более дальних районов космоса оно может составить отдельную проблему для специалистов по информатике. Экипаж, управляющий с Земли советскими самоходными аппаратами серии «Луноход», столкнулся с коммутационным запаздыванием порядка 1 с, если иметь в виду интервал от выдачи до выполнения команды, и 2 с, если считать интервал между выдачей команды и получением подтверждения, «квитанции» о ее выполнении. При управлении «Марсоходом» коммутационное запаздывание увеличится. Даже при наиболее благоприятной астрономической ситуации — великом противостоянии, которое бывает раз в 15—17 лет, управляющий сигнал в один конец долетит не быстрее, чем через 3 мин.

Отсюда вытекает целесообразность разработки специальных кибернетических устройств, позволяющих марсианскому роботу на короткие периоды времени — пока не долетела подсказка с Земли — строить свою, относительно автономную тактику поведения. Самоходные аппараты, направляемые в еще более отдаленные уголки Солнечной системы, должны быть наделены еще большей самостоятельностью. В развитие этой тенденции автоматы, которые когда-нибудь устремятся к иным звездным системам, придется оснастить искусственным интеллектом.

10. *Высокая надежность космических средств, методов и аппаратуры.* Необходимость этих факторов определяется рядом обстоятельств: здесь и чрезвычайная сложность (многоэлементность) космических систем, и суровые условия космического пространства, и длительность

сроков полета. Для обеспечения должной надежности в космонавтике нередко прибегают к резервированию систем — дублированию и даже более многократному ее использованию. Вводят необычайно высокие требования к качеству изготавливаемой аппаратуры. Выполняют многочисленные циклы испытаний и проверок.

В период подготовки проекта «Аполлон» государственные космические ведомства США стремились увеличить персональную ответственность рабочих за качество выполнения заданий. При этом применялись системы различных штрафов и поощрений. НАСА использовала так называемую программу сверхтщательности («экстра кэр»), а министерство обороны — программу нулевых дефектов. Обе программы предназначались для улучшения качества работы и ускорения сроков ее выполнения, для повышения исполнительского мастерства и увеличения эффективности капиталовложений [Зонова, 1973].

11. *Экономичность и эффективность приборов, технологий и алгоритмов.* Имеется в виду экономия энергии, вещества, времени — ресурсов в самом широком понимании этого слова — при решении любого класса космических задач. Эти задачи, в чем бы они ни заключались, должны решаться с минимумом затрат.

Так, аппаратная реализация научных исследований в космосе неизбежно паталкивается на серьезные энергетические, весовые (точнее — массовые) и габаритные ограничения. В борьбе с ними получают мощный импульс развития миниатюризация и микроминиатюризация электронных, управляющих и других систем. Разрабатываются приборы, превосходящие по экономичности свои «земные» аналоги. Создаются новые конструкционные материалы, удивительным образом сочетающие такие, казалось бы, несовместимые качества, как легкость и повышенная прочность.

Интересно, что замечательный советский инженер — энтузиаст межпланетных полетов Ф. А. Цандер, еще в 20-х годах заботился о легкости почвы оранжерей, которые, как он предполагал, будут обеспечивать круговорот веществ в отсеках межпланетных кораблей. Создание легких и совершенных замкнутых систем жизнеобеспечения, в том числе и биологических, на повестке сегодняшнего дня. Такие системы позволяют воспроизводить на борту пилотируемых аппаратов запасы расходуемых веществ: кислорода, воды и продуктов питания, что является триумфом экономичности.

Специалисты по космической психофизиологии и эргономике занимаются вопросами повышения эффективности человеческого звена в системе человек — машина. Делается все для того, чтобы эконо­мить первую и физическую энергию космонавтов, сосредотачивать ее на наиболее ответственных участках полета, тратить с максимальной пользой для дела. Режимы труда и отдыха космонавтов проектируются с таким расчетом, чтобы правильно распределить силы, сберечь каждую минуту из многих месяцев полетного времени экипажа. Опять налицо тенденция повышения экономичности. Людям самых разнообразных профессий полезно будет позаимствовать у космонавтов берегающую время технологию личной работы, принятую на борту орбитальных комплексов. Слишком драгоценна космическая минута, чтобы ею можно было не дорожить (как это иногда, к сожалению, бывает на Земле).

12. Небывалый рост внимания ко всему комплексу проблем, связанных с человеком и с жизнью — в самом широком понимании этого слова. Именно полеты в космос делают обоснованным высказывающееся мнение о выдвижении биологии в качестве лидера всего естествознания. Планетарный охват явлений и процессов, пришедший с наступлением космической эры, совпал с требованием времени — сохранить условия на Земле в пределах, совместимых с жизнью нынешнего и грядущих поколений.

Космические исследования сделали возможным новый взгляд на природу живого. Этот взгляд охватывает несоизмеримые ранее масштабы пространства и времени: от зарождения жизни в глубинах Вселенной, измеряемых миллионами световых лет, до тончайших молекулярных процессов в ядре клетки с размерностью ангстремов (10^{-10} м) и микросекунд (10^{-8} с).

Космические исследования всемерно содействуют решению задач, связанных с развитием и использованием биологических возможностей и творческих способностей человека. От про­никновения в тайны происхождения жизни до обеспечения жизнедеятельности экипажей орбитальных комплексов — вот диапазон проблем космической биологии и медицины, решение которых неминуемо скажется (и уже сказывается!) на судьбах всех обитателей нашей планеты.

О проблемах космической биологии и медицины, об обитаемом космосе пойдет речь в следующей главе.

II. ОБИТАЕМЫЙ КОСМОС

Границы и условия распространения жизни (биосфера). Физические характеристики космического пространства за пределами биосферы. Экзобиология — гипотезы, факты. Факторы, воздействующие на организм в космическом полете. Требования к защитным мерам, искусственной среде обитания. Жизнеобеспечение — системы открытые, замкнутые

Вот уже более 3 млрд лет в одном из уголков космического пространства путешествует космический корабль, экипаж которого являет собой богатейшую разновидность живых существ, представителей растительного и животного мира. Этот корабль — наша планета Земля. И это мы, земляне, с некоторых пор стали жадно всматриваться в просторы того огромного пространства, которое нависает над нашими головами, в поисках ответа на вопрос: одиноки ли мы во Вселенной? Возможно ли существование жизни в этой таинственной дали? И, в конце концов, что такое сама жизнь (рис. 11, 12)?

За исключением, пожалуй, глубинных слоев Земли, на нашей планете жизнь распространена повсеместно. С чрезвычайной настойчивостью и упорством все живое стремится к распространению в новых областях существования. Это дало основания В. И. Вернадскому говорить о «шапоре жизни» и ввести представления о биосфере — живой оболочке планеты, которая охватывает твердую земную кору (литосферу), воздушный океан (атмосферу) и водную оболочку (гидросферу).

Следовало бы подчеркнуть условия имеющихся представлений о граничных характеристиках, в пределах которых может существовать жизнь. Действительно, можно признать нынешние условия на Земле весьма благоприятными для жизни. Средняя температура поверхности составляет около $+15^{\circ}\text{C}$. На планете изобилие воды, в атмосфере много свободного кислорода. Озоновый слой атмосферы защищает все живое, падающее на поверхности, от губительного прямого воздействия жесткой ультрафиолетовой части солнечного излучения. Магнитное поле Земли, а также и атмосфера экранируют биосферу от частиц высоких энергий.

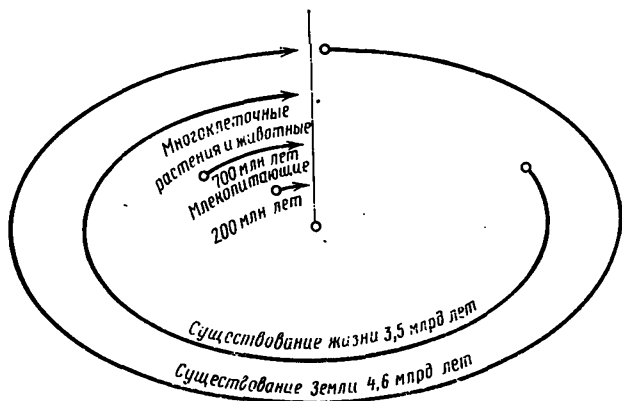


Рис. 11. История Земли, представленная в виде гигантского колеса [по: Голдсмит, Оуэн, 1983]

Однако и на нашей планете имеются области, по суровости своих условий приближающиеся к космическому пространству, что, казалось бы, исключает заселение их земными организмами. Приспособляемость земной жизни, по данным многих исследователей, вызывает подлинное удивление [Аксенов и др., 1976].

Различные виды животных, растений и микроорганизмов обитают в глубинах океана, подземных нефтяных пластах, поднимаются высоко в горы и в верхние слои атмосферы (что было установлено академиком А. А. Имшенецким с сотрудниками). Жизнь распространена и на вечных полярных льдах, и в пустынях, выжженных солнцем. Установлено активное функционирование живых организмов не только при температуре ниже точки замерзания воды, но и при температурах, близких к точке кипения воды. Ряд наблюдений свидетельствует о том, что есть микроорганизмы, способные существовать в столь токсических средах, как растворы сулемы, серной и борной кислоты и в насыщенных растворах солей. Достоверно установлена возможность развития микроорганизмов в атмосфере окислов азота, метана, аммиака, угарного газа, цианистых соединений. Живые микроорганизмы найдены даже в охлаждающей воде ядерных реакторов — там, где дозы ионизирующей радиации достигают нескольких миллионов рад [Имшенецкий, 1975].

А. Ю. Шмидт, Л. К. Лозина-Лозинский и другие ученые обнаружили факты «скрытой жизни» — анаэобо-

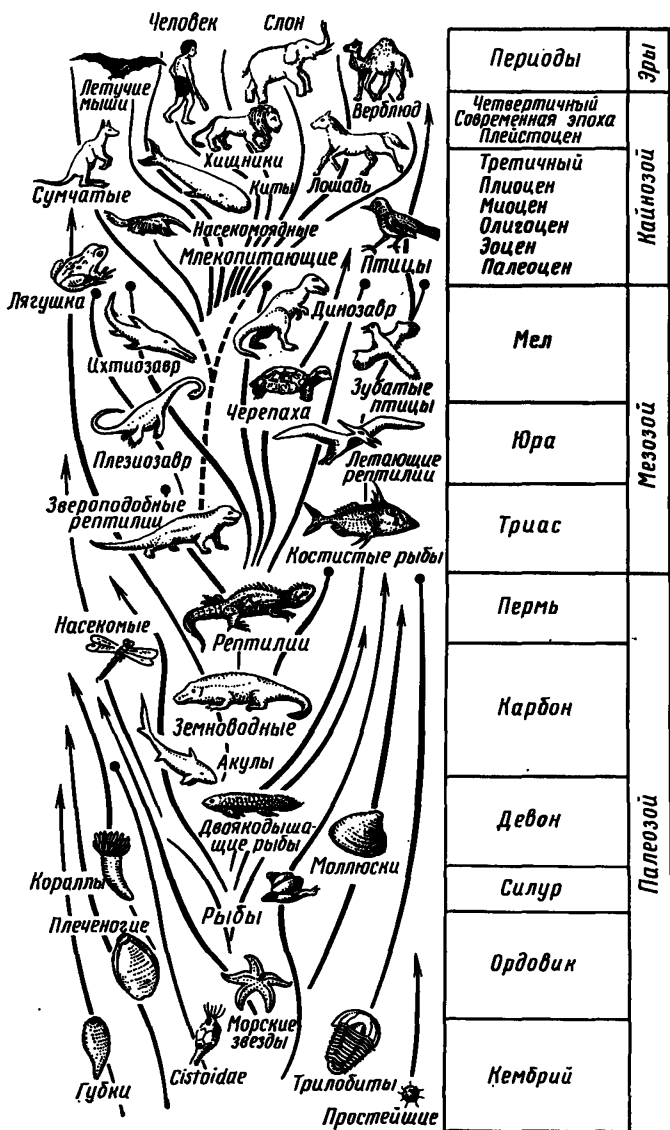


Рис. 12. Развитие животного мира от кембрия до наших дней

Линия, кончающаяся точкой, указывает на вымирание; линия, кончающаяся стрелкой,— данная группа существует и сейчас [по: Кальвину, 1971]

за, благодаря которому многие живые существа могут преодолевать временные или сезонные неблагоприятные условия среды в виде цист, спор, сухих семян и т. д. В состоянии анабиоза живые объекты переносят низкие температуры, близкие к абсолютному нулю (-273°C), нагревание до $+170^{\circ}\text{C}$, воздействие глубокого вакуума.

Суммируя эти и подобные данные, следует согласиться с авторами книги «Марс как среда обитания», утверждающими, что наличие активной жизни почти во всех средах, сколько-нибудь широко представленных на поверхности Земли, можно рассматривать как указание на то, что пределы приспособляемости жизни к экстремальным факторам еще не достигнуты. В то же время противоположный факт, т. е. отсутствие жизни в некоторых средах, еще не является доказательством невозможности в них жизни.

Космос представляет собой среду, резко отличающуюся от той, в которой обитают живые организмы на Земле. Отсутствие кислорода, вакуум, своеобразие температурного режима, наличие интенсивного и биологически весьма опасного излучения, измененная гравитация — все это исключает возможность жизнедеятельности незащищенных высших представителей органического мира Земли в свободном космическом пространстве. Для низших организмов установлено, что, например, у инфузории жизнеспособность при имитации в лабораторных условиях климатических параметров планеты Марс (содержание окиси углерода, ультрафиолетовая радиация, низкие температуры и др.) снижается незначительно. Эти исследования наряду с данными о высокой приспособляемости некоторых микроорганизмов к условиям космического пространства и планет делают более оптимистичными представления о существовании жизни вне пределов Земли.

Уточнение физических условий планет Солнечной системы, осуществленное в результате их исследования при помощи автоматических межпланетных станций, расширило масштабы работ по изучению устойчивости различных земных форм жизни применительно к экстремальным условиям космического пространства и планет.

В последнее время в космической биологии выделился раздел, называемый термином экзобиология, который изучает жизнь вне Земли.

Первым основным направлением экзобиологии является изучение природных условий на планетах Солнеч-

пой системы и спутниках планет с точки зрения их пригодности для жизни. В этом отношении решающие результаты были получены с помощью космических аппаратов. В целом они подтвердили наблюдения, сделанные с Земли. Природные условия на Луне, Меркурии, Венере, Марсе, Юпитере, Сатурне и на спутниках трех последних планет практически несовместимы с жизнью высших организмов, основанной на нуклеиновых кислотах и белках. Три внешние планеты Солнечной системы — Уран, Нептун и Плутон — никогда не считались приемлемыми для жизни вследствие суровых физических условий, прежде всего температурных.

Как известно, условия для развития жизни определяются температурным режимом, составом атмосферы и барометрическим давлением. Они зависят от массы небесного тела, элементов орбиты и особенностей физической эволюции. Поиски микроорганизмов на Марсе с помощью специальной аппаратуры, установленной на космических аппаратах «Викинг-1» и «Викинг-2», дали альтернативный ответ. Они не доказали существования микроорганизмов, но и не исключили его при крайних допущениях. Научная общественность критиковала руководителя биологической части проекта американского ученого К. Сагана за нарушение оптимальной стратегии исследования: дорогостоящий и трудоемкий эксперимент должен давать однозначный ответ.

Вторым важным направлением экзобиологических исследований является изучение путей и механизмов химической эволюции в условиях космоса. Важными объектами при этом выступают метеориты и кометы. Около 3% метеоритов представлено углеродистыми хондритами. Метеориты этого типа особенно интересны для биологов. Считают, что им 4,5—4,7 млн лет и они никогда не нагревались выше 400—500° С. Более 2% углерода в этих метеоритах входит в состав различных органических соединений. Никакие активные живые организмы никогда не выделялись из хондритов, однако в них находят «окаменевшие» структуры размером 4—30 мкм, напоминающие по форме бактерии или синезеленые водоросли.

Некоторые исследователи предполагают, что в кометах, остатками которых являются хондриты, органическая эволюция могла дойти до клеточных форм. Также достаточно обоснованной представляется гипотеза о возникновении клеткоподобных структур в хондритах в

результате чисто химического процесса. Присутствие в хондритах органических веществ — предшественников жизни — установлено твердо. Обнаружены жирные кислоты, пирины, пиримидины и порфирины, различные аминокислоты, в том числе более 10 несвойственных земным белкам. Органические соединения в хондритах, необходимые для синтеза живого вещества, служат серьезным доводом в пользу «кометного звена» органической эволюции.

По выражению американских ученых Д. Голдсмита и Т. Оуэна [1983], кометы даже «делают нам одолжение», доставляя хорошо сохранившееся древнее вещество в окрестности Земли. При этом долгопериодические кометы, обращающиеся вокруг Солнца за сотни тысяч или миллионы лет, при своем первом прохождении вблизи Солнца могут оказаться в нескольких миллионах километров от нашей планеты. Твердая, хорошо сохранившаяся комета, даже и не являющаяся долгопериодической и совершившая миллионы оборотов, содержит вещество, которое, по-видимому, не подвергалось воздействию высоких температур. Состав вещества таких комет приближается к первичному в большей степени, чем состав любых других тел в Солнечной системе. Указанными обстоятельствами во многом объяснялись возлагавшиеся учеными надежды на исследования кометы Галлея при ее пролете вблизи Солнца в 1986 г.

Изучение проб кометного вещества позволило бы уяснить, какие молекулярные соединения попадали в далеком прошлом из космического пространства на поверхность земного шара. Можно предполагать, что такой перенос органических молекул по маршруту Космос — Земля послужил одним из важных факторов возникновения жизни на нашей планете.

Различные гипотезы о путях и условиях возникновения жизни и ее распространения были выдвинуты еще задолго до космических полетов. Среди них исследования Л. Пастера, теория панспермии С. Аррениуса, учение В. И. Вернадского о биосфере, теория А. И. Опарина о происхождении жизни. Создание автоматических космических аппаратов и космических научных лабораторий открыло большие и реальные перспективы для экзобиологических исследований в Солнечной системе. В первую очередь предстоит выяснить, имеются ли в космическом пространстве простейшие формы жизни, элементарные биохимические процессы и субстраты, как

близкие тем, которые встречаются на Земле, так, возможно, и отличающиеся от них.

В свете проблемы возникновения и развития жизни во Вселенной представляет интерес изучение путей и механизмов химической эволюции в условиях космоса. Результат проведенных исследований во многом подтверждает теорию А. И. Опарина о происхождении жизни. Так, впервые был осуществлен синтез некоторых компонентов ДНК в атмосфере кислорода, азота и углекислоты в сухой смеси, состоящей из аденина и дезоксирибозы. Осуществлен синтез аминокислот в водных растворах нитратов, обогащенных углеводородом. Получены первично синтезированные пептиды при имитации условий первобытной Земли.

В то же время химическая эволюция в космосе, в ходе которой осуществляется синтез органических веществ из простых соединений, создает определенные трудности для поиска внеземной жизни. Очевидно, обнаружение органических веществ вне Земли не является доказательством существования жизни. Поэтому основные методы поиска внеземной жизни должны быть направлены на обнаружение процессов жизнедеятельности самих организмов.

Третье направление экзобиологии — поиски звезд с планетными системами, пригодными для жизни. Это направление связано с закономерностями образования планетных систем. Точные данные в этой области могли бы дать ответ на вопрос о частоте феномена жизни вне Земли. По-видимому, прогресс здесь будет определяться усовершенствованием астрономических методов идентификации конкретных планетных систем, определения масс и орбит планет. По современным прогнозам, частота жизни в нашей Галактике может иметь диапазон от одного до нескольких десятков миллиардов. Такая большая величина диапазона, а значит, и степени неопределенности, объясняется прежде всего отсутствием твердо установленных исходных данных.

Вопросы существования и эволюции внеземных цивилизаций, а также стратегии их поиска являются предметом активного обсуждения специалистов многих стран, в том числе СССР и США. Совместное решение этих вопросов проходит в добрых традициях международного научного сотрудничества. Еще в 1971 г. в Бюракане (СССР) была проведена первая советско-американская конференция по проблемам связи с внеземными

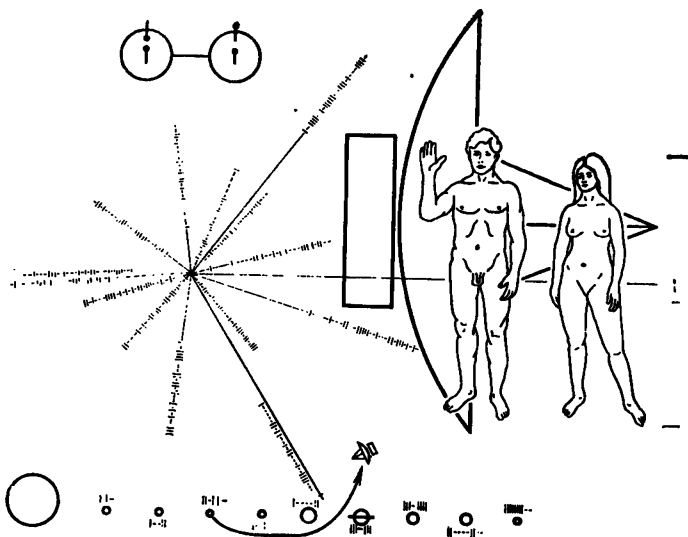


Рис. 13. Стальная пластинка с рисунками и символами станции «Пионер-10», впервые направленной за пределы Солнечной системы

Сделана попытка дать минимальную информацию о нашей земной цивилизации

цивилизациями. Проблемы эти имеют важное мировоззренческое значение и вместе с тем не лишены ныне чисто земных «точек отсчета» (рис. 13). Недалеко и до соблазна прибегнуть к спекулятивной экстраполяции, спроецировать пессимистичный вариант развития событий, ведущий к ядерному Армагеддону, на всю Вселенную, провозгласить фатальность самоуничтожения всех цивилизаций, достигших определенного «критического» уровня познания тайн природы.

Однако нет никаких научных оснований исповедовать подобную эсхатологическую¹ концепцию. Напротив, проникновение в космос может означать собой выход цивилизации планеты Земля на новый, более высокий уровень самосознания, а также более полный контроль не только над силами природы, но и над внутренними тенденциями своего развития. Сказанное, по-видимому, применимо и к другим сообществам разумных существ в отдаленных районах Вселенной.

¹ Эсхатология — религиозное учение о конце света.

В космическом полете на организм человека (и других земных существ) могут влиять три основные группы факторов. Первая группа характеризует космическое пространство как среду обитания: это высокая степень разрежения газовой среды, ионизирующее космическое излучение, особенности теплопроводности, присутствие метеорного вещества и т. д. Вторая группа объединяет факторы, связанные с динамикой полета летательных аппаратов: ускорение, вибрация, шум, невесомость и др. Третью группу составляют факторы, связанные с пребыванием в герметическом помещении малого объема с искусственной средой обитания: своеобразный газовый состав и температурный режим в помещении, гипокинезия, изоляция, эмоциональное напряжение, изменение биологических ритмов и т. п.

Потоки ионизирующего излучения в космическом пространстве — космическая радиация — во многом определяют трассы пилотируемых полетов и в целом стратегию освоения различных областей околоземного и дальнего космоса. Источники космической радиации подразделяются на три вида: галактическое космическое излучение, солнечное космическое излучение и радиационные пояса Земли и планет.

Наиболее высокоэнергетической составляющей корпускулярного потока в космическом пространстве является галактическое излучение. Оно представляет собой ускоренные до высокой энергии ядра химических элементов, среди которых преобладают ядра водорода, гелия и других элементов. По проникающей способности галактическое излучение превосходит все другие виды космической радиации. Энергия частиц галактического излучения в среднем составляет около 10 ГэВ. Энергия отдельных частиц может достигать 10^{20} эВ и более. В межпланетном пространстве доза галактического излучения достигает 50—100 бэр в год. Это создает определенную опасность для космонавтов, особенно в случае длительных межпланетных полетов.

Солнечное космическое излучение возникает при хромосферных вспышках на Солнце и представляет собой высокоэнергетическую часть корпускулярного солнечного излучения. Солнечные вспышки могут порождать интенсивные потоки заряженных частиц, преимущественно протонов, причем доза солнечного космического излучения за пределами магнитосферы, играющей роль своеобразного экрана, может достичь десятков и сотен бэр за

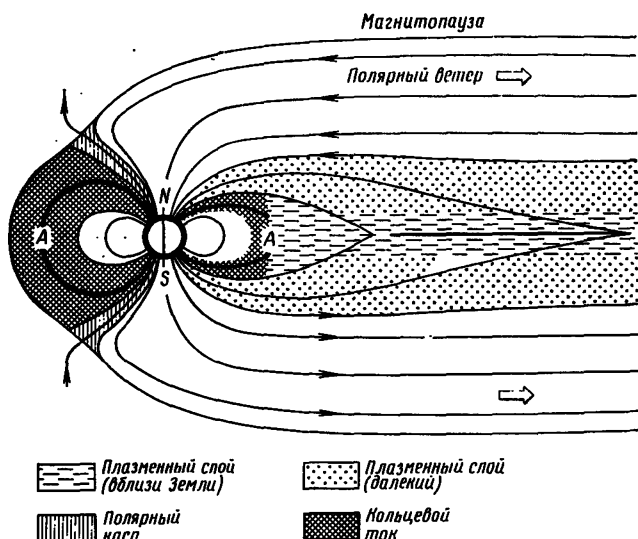


Рис. 14. Распределение плазмы в магнитосфере Земли

вспышку. При возникновении мощных солнечных вспышек космонавты должны укрываться в радиационном убежище, которое необходимо предусматривать на борту межпланетного корабля.

Радиационный пояс Земли образован из потоков заряженных частиц — протонов и электронов, которые захвачены геомагнитным полем и образуют в околоземном космическом пространстве области повышенной радиации. Различаются две области радиационного пояса Земли: внутренняя и внешняя. От нескольких сотен до нескольких тысяч километров от поверхности Земли простирается его внутренняя область, энергия протонов которой достигает нескольких сотен мегаэлектронвольт (рис. 14).

Особенно велика радиационная опасность в центральной зоне внутренней области радиационного пояса Земли — на расстоянии 2000—3000 км от земной поверхности. Здесь мощность эквивалентной дозы облучения протонами достигает нескольких сотен бэр в сутки, поэтому в данной области околоземного пространства пилотируемые полеты без специальной защиты космонавтов невозможны. Однако радиационный пояс Земли не является для человека непреодолимым барьером на пути в даль-

ний космос. Вполне допустимо быстрое пересечение радиационного пояса, тем более возможное, если экипаж космического корабля находится в защищенном отсеке или если трасса полета не углубляется в центральную зону.

Орбиты, наиболее «заселенные» в первую четверть века космической эры, пролегли на высотах до 300—400 км над поверхностью Земли. Здесь радиационная опасность незначительна, поэтому допустима большая продолжительность полетов пилотируемых космических кораблей без специальной защиты.

Распределение электронов радиационного пояса Земли в пространстве имеет два четко обозначенных максимума. Один из них локализуется во внутренней области радиационного пояса, на расстоянии около 3000 км, а второй — во внешней области пояса, на расстоянии около 22 000 км от поверхности Земли. Вблизи первого максимума мощность эквивалентной дозы облучения оценивается величиной порядка сотен тысяч бэр в сутки; радиационная опасность в этой области околоземного пространства исключительно высока. Вблизи второго максимума мощность эквивалентной дозы облучения примерно на порядок ниже и составляет около десятка тысяч бэр в сутки.

Таким образом, для значительной части околоземного космического пространства характерна большая мощность эквивалентной дозы облучения, ожидаемая в случае отсутствия специальной защиты обитаемых отсеков. Радиационная опасность от радиационного пояса Земли в значительной мере зависит от траектории и продолжительности полета космического корабля. Считается, что при полетах по орбитам ниже радиационного пояса радиационное воздействие на экипаж за несколько месяцев соизмеримо с уровнями облучения в земных условиях за год при обслуживании ядерных энергетических установок.

Среди всех факторов космического полета уникальным и практически невоспроизводимым в лабораторных экспериментах является невесомость. Экспериментальные исследования при моделировании некоторых физиологических эффектов невесомости в земных условиях (гипокинезия, водная иммерсия), опыт длительных космических полетов позволили разработать общепсихологические представления о генезисе изменений в организме, обусловленных влиянием невесомости, и пути их преодо-

ления. Доказано, что человек может существовать и активно функционировать в условиях невесомости. Однако ее длительное воздействие приводит к некоторой детренированности сердечно-сосудистой системы. Длительное пребывание в невесомости обуславливает некоторую потерю организмом солей кальция, фосфора, азота, натрия, калия и магния. Эти потери относят за счет уменьшения массы тканей вследствие их атрофии от бездействия и частичной дегидратации организма. Обусловленные невесомостью биофизические и биохимические сдвиги в организме (изменения гемодинамики, водно-солевого обмена, опорно-двигательного аппарата и др.), включая изменения на молекулярном уровне, направлены на приспособление организма к новым экологическим условиям. О механизмах приспособления к невесомости и о комплексе профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих предупреждение неблагоприятных реакций организма человека в период невесомости и реадаптации, подробнее рассказано в следующем разделе книги.

Изучению совместного влияния невесомости и ионизирующей радиации были посвящены исследования на биоспутнике «Космос-690». В течение 20 сут продолжался эксперимент, в котором лабораторные животные в условиях космического полета подвергались воздействию искусственной радиации. Облучение моделировало вероятное радиационное воздействие при возникновении мощной солнечной вспышки. Контроль за ходом облучения осуществлялся с помощью бортового и индивидуального дозиметров.

Исследования, проведенные на биоспутнике «Космос-690», подтвердили ранее сложившееся представление об усиливающем эффекте одновременного воздействия комплекса факторов космического полета по отношению к их раздельному влиянию на организм. Результаты исследования подопытных животных в значительной степени были близки данным, полученным на других биоспутниках. Однако изменения были более интенсивными, а сдвиги в критических для радиационного воздействия системах носили специфический характер. Результаты эксперимента вместе с данными полетных радиационных физических исследований позволили оценить опасность радиационного поражения человека в условиях длительной невесомости, обосновать допустимые уровни облучения в длительных космических

полетах, методы и средства противорадиационной защиты пилотируемых кораблей.

Как уже отмечалось, большое значение придается моделированию воздействия на живые организмы различных факторов космического полета. На центрифугах в большом диапазоне изучалось воздействие ускорений, в камерах пониженного и повышенного давления (барокамеры) — значение барометрического фактора и измененного состава атмосферы. В макетах и имитаторах космических кораблей и орбитальных станций проводились комплексные эксперименты по моделированию целого ряда факторов полета, включая необычные чередования труда и отдыха, изменение системы датчиков времени и т. д.

Одной из задач космической биологии является изучение биологических принципов и методов создания искусственной среды обитания человека при его полете на космических кораблях и станциях, а в будущем — при нахождении на лунных и планетных базах.

Человек является составным элементом земной биосферы, которая в значительной мере определила пути его биологической эволюции. Поэтому жизнедеятельность земных организмов, в том числе человека, вне биосферы или имитирующих ее условий невозможна (рис. 15).

В связи с этим в кабинах космических летательных аппаратов создают искусственную среду обитания, защищающую человека от неблагоприятного воздействия факторов космического полета. Минимальными условиями такой среды является приемлемая для дыхания атмосфера, соответствующая температура и обеспечение адекватным количеством пищевых веществ и воды.

Отвечающие этим требованиям системы жизнеобеспечения должны снабжать человека кислородом и удалять углекислый газ, обеспечивать полноценной в физиологическом отношении пищей и утилизировать твердые, жидкие и газообразные продукты его жизнедеятельности, поддерживать в среде обитания необходимую температуру, влажность и другие параметры микроклимата.

Функциональные возможности системы должны соответствовать характеристикам космонавтов и уровню их активности. Так, уровень потребления кислорода и выведение углекислоты зависит от массы тела и, следовательно, потребляемой пищи, соотношения пищевых

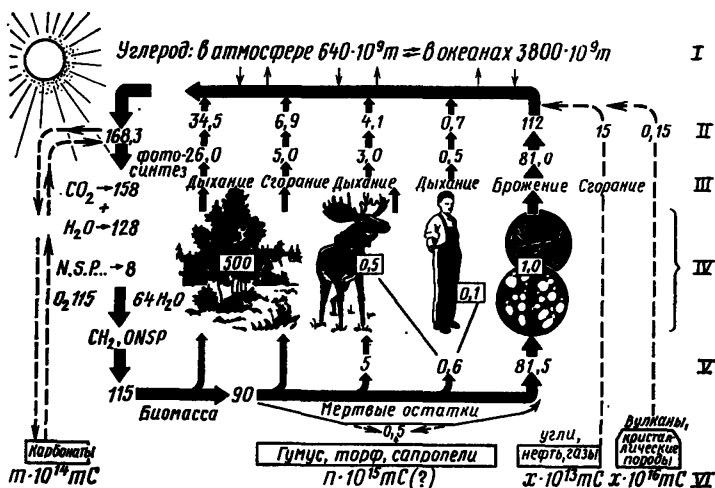


Рис. 15. Фотосинтез и круговорот органических веществ в миллиардах тонн [А. А. Ничипорович, по: Камшилов, 1979]

I — вес углерода в составе углекислоты в атмосфере и гидросфере; **II** — количество CO_2 , выделяемое в атмосферу в разных процессах жизнедеятельности; **III** — количество органических веществ, окисляемых в разных процессах; **IV** — группы организмов и вес биомассы организмов каждой группы; **V** — вес пищи и субстратов, потребляемых организмами каждой группы; **VI** — вес углерода в компонентах литосферы

веществ в рационе, двигательной активности. Объем и характер конечных продуктов жизнедеятельности также меняются в зависимости от особенностей питания. Поэтому биотехнологические принципы, заложенные в систему жизнеобеспечения, должны обеспечивать адекватный уровень потребления веществ, необходимых для жизнедеятельности организма, а также удаление или утилизацию продуктов отхода и поддержание близких к комфортным условий обитания.

Системы жизнеобеспечения для первых космических кораблей проектировались исходя из энергопотребления и баланса пищевых веществ у здорового человека в земных условиях. По мере увеличения объема биомедицинских исследований были получены необходимые данные по динамике метаболизма человека и его адаптации к условиям космического полета, позволившие рассчитывать и проектировать системы жизнеобеспечения с большей точностью и надежностью.

На современных пилотируемых космических кораблях и орбитальных станциях необходимые для жизнедеятельности человека условия обеспечиваются комплексом оборудования и бортовыми запасами. Комплекс предназначен для поддержания постоянного состава газовой среды, снабжения человека питьевой водой, продуктами питания, санитарно-техническими средствами.

На этом было основано жизнеобеспечение экипажей космических кораблей «Восток», «Восход», «Союз», а также орбитальных станций типа «Салют». Система регенерации и кондиционирования воздуха на кораблях типа «Союз» осуществлялась путем создания на борту запасов кислорода и сорбентов, поглощающих водяные пары и углекислый газ. Система водообеспечения на космических кораблях основана на запасах питьевой воды на борту.

Важным звеном в жизнеобеспечении человека в космическом полете является система питания. Она включает средства хранения, приема, подогрева (приготовления) пищи, бортовые рационы питания, а также средства складирования и обеззараживания остатков пищи и упаковочной тары.

Калорийность рациона питания экипажей орбитальных станций «Салют» составляет 3200 усвояемых килокалорий. В состав рациона входит свыше 70 наименований блюд. Первые блюда хранятся в алюминиевых тубах, их набор достаточно широк: борщ, щи, рассольник, суп харчо и др. Вторые блюда находятся в банках: мясные, рыбные, птица. Также имеются кондитерские изделия, хлеб, фрукты, соки, чай, кофе, приправы. Блюда в тубах, банках и пленочных пакетах перед едой подогревают. В рацион питания экипажей орбитальных комплексов входят и обезвоженные продукты, которые восстанавливают водой, регенерированной из конденсата атмосферной влаги. Обезвоженная пища — наиболее перспективная форма обеспечения питанием в длительных космических полетах.

Пищевая ценность и калорийность рациона определяются особенностями условий полета, а также полетным заданием. Повышенные энергозатраты (например, при внекорабельной деятельности) требуют адекватного обеспечения энергетических и пластических потребностей космонавта, что определяет соответственно состав и калорийность рациона.

Увеличение продолжительности пилотируемых космических полетов потребовало создания новых надежных путей обеспечения санитарно-гигиенических условий в кабине корабля и личной гигиены космонавта. При этом особое внимание было уделено одежде космонавтов (полетный костюм, белье, теплозащитный костюм, головной убор, обувь), личной гигиене космонавта (стрижка, бритье и т. д.).

Системы жизнеобеспечения, предназначенные для долговременных полетов, не могут быть построены только на «расходном» принципе. Их эволюция имеет выраженную тенденцию к разработке и созданию интегрированных регенеративных систем, рассчитанных на использование побочных продуктов, образующихся при функционировании различных звеньев (включая человека) систем жизнеобеспечения (рис. 16).

Создание полностью замкнутых систем является сложной задачей. Поэтому интегрированные регенеративные системы жизнеобеспечения на настоящем этапе предполагают возможность возврата воды и важнейших компонентов газовой среды, а также изоляцию и удаление отходов.

Искусственная среда обитания, обеспечивая необходимые условия для жизнедеятельности человека, одновременно является фактором, оказывающим многообразное, подчас неблагоприятное влияние на его организм. Стремление к созданию совершенных систем жизнеобеспечения на физико-химической основе сопряжено с естественными трудностями, так как, по существу, предполагает моделирование процессов земной биосферы на основе методов абиогенного синтеза. При этом физиолого-гигиеническое нормирование искусственной среды обитания основывается на существующих в настоящее время представлениях о потребностях человека. В то же время не без основания можно предполагать, что современные представления о нормируемых факторах среды неполны и, следовательно, не совсем соответствуют биологическим потребностям человека в автономных условиях обитаемой кабины космического летательного аппарата.

Теоретическое обоснование и практическое осуществление длительных космических экспедиций стимулировали развитие исследований биологических систем жизнеобеспечения. Применение таких систем связывают с наиболее длительным автономным существованием

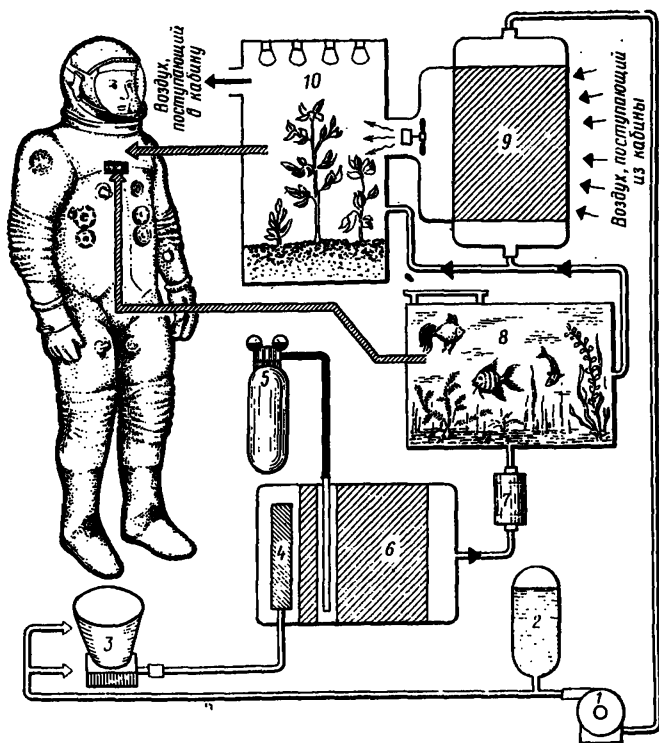


Рис. 16. Вариант замкнутой экологической системы, которую предлагают использовать в длительных космических полетах

В этой системе насос (1) смешивает воду, поступающую из сборника воды (2), с отходами жизнедеятельности космонавтов, находящимися в резервуаре (3). Эта смесь размельчается в мельнице (4). Далее в смесь вводят кислород (5), и она проходит через фильтр из волокон коры красного дерева (6), в котором бактерии и простейшие микроорганизмы усваивают часть содержащихся в ней питательных веществ. Температура смеси регулируется теплообменником (7). Затем смесь поступает в аквариум с рыбками (8), поедающими вредные в данной экологической системе микроорганизмы. Проходя через мембранный диффузор (9), смесь очищается от токсичных примесей и CO_2 и отделяется от водяных паров. Основная часть воды возвращается в описанный цикл (к насосу), меньшая часть, содержащая неорганические питательные вещества с высокой концентрацией, периодически поступает в оранжерею (10). Водяной пар, очищенный диффузором от бактерий и вирусов, проходит через конденсер (не показан) и превращается в воду, пригодную для питья. Растения в оранжерее усваивают CO_2 и выделяют кислород, который возвращается в кабину. Рыбы и овощи идут в пищу космонавтам [по: Шарп, 1971]

человека на планетных станциях и летательных аппаратах. Поэтому наряду с частными задачами обеспечения жизнедеятельности проблема выдвигает на первый план общие вопросы экологии человека как составного звена системы.

Можно представить себе схемы обеспечения жизнедеятельности человека в кабине космического летательного аппарата на основе биологического воспроизводства. Используемые продукты жизнедеятельности человека (углекислый газ, жидкие и твердые отходы) путем преобразования в биологических звеньях предполагается повторно превращать в кислород, воду и пищу. В числе наиболее перспективных для включения в системы биологического воспроизводства: овощные и злаковые культуры (космическая оранжерея), микроорганизмы (водоросли, бактерии), домашние животные и птица (козы, свиньи, куры, утки, кролики).

Биорегенеративные системы являются качественно новым принципом формирования среды обитания, наиболее близкой земным условиям, а следовательно, и биологическим потребностям человека. Их преимущества заключаются также в потенциальной возможности саморегулирования, осуществляемого на принципе взаимной корреляции процессов на всех уровнях биологической системы. В этом случае могут быть нивелированы многочисленные пробелы наших знаний биологии человека и прежде всего его тонких взаимоотношений с окружающей средой.

В настоящее время продолжается широкий поиск и оценка физиологических характеристик, перспективных для использования в системах жизнеобеспечения организмов. Среди них фотоавтотрофные (одноклеточные водоросли, высшие растения) и хемоавтотрофные организмы (водородные бактерии). Проводятся исследования комплекса факторов среды обитания, обеспечивающих их оптимальную продуктивность и устойчивость популяции организмов, перспективных с точки зрения их использования в таких системах.

Успехи теоретической и экспериментальной биогеоценологии уже сегодня позволили перейти к решающему этапу исследований — моделированию экспериментальных биоценозов и изучению их функциональных характеристик.

Ранние исследования простейших моделей биологических систем носили в основном качественный харак-

тер и не содержали достаточной количественной информации о круговороте веществ. Однако важным выводом из этих исследований, начатых на животных и продолженных на человеке, было заключение о принципиальной возможности прямого сопряжения фотосинтеза водорослей с газообменом человека. Эти исследования выявили одновременно многочисленные особенности простейших биоценозов (выделение окиси углерода и поглощение ряда газообразных примесей хлореллой из атмосферы и др.). В то же время возможность длительного устойчивого культивирования водорослей в замкнутой системе позволила приступить к экспериментальному изучению простейших двучленных моделей на совершенной методической основе.

Первые длительные эксперименты с системами человек—водоросли и человек—водоросли—высшие растения, замкнутыми по газообмену, подтвердили возможность прямого сопряжения газообмена водорослей и человека; в одном из таких экспериментов доля фотосинтеза высших растений (пшеница) составляла 18%. В этих экспериментах, помимо обеспечения газообмена человека, исследовались также возможности прямой утилизации мочи и бытовой воды в водорослевом реакторе.

В дальнейших экспериментах была показана возможность использования регенерированной воды в качестве питьевой воды человека и таким образом достигнута высокая степень замкнутости системы по газовому и водному балансу.

Ныне созданы и отработаны в имитаторах кабин космических кораблей оранжереи, основная функция которых — воспроизведение продуктов питания для экипажа. Одновременно растения оранжереи поглощают углекислый газ из атмосферы и выделяют в нее кислород, испаряют влагу, используют для питания минерализованные отходы жизнедеятельности системы, в том числе человека. В космических оранжереях предполагается выращивать такие традиционные культуры, как картофель, томат, свекла, капуста, салаты, зелень, батат.

Совершенствуются конструкции, позволяющие в автоматическом режиме культивировать одноклеточные водоросли. Хлорелла, сценедесмус, спиролина — хороший биологический источник регенерации атмосферы. В процессе фотосинтеза микроводоросли поглощают углекис-

лый газ и выделяют органические вещества, в том числе белки, углеводы, жирные кислоты, витамины. При помощи специальной технологии после их выделения и очистки они могут быть использованы в питании человека и кормлении животных. Микроводоросли входят в качестве составного звена в биологические системы жизнедеятельности, основанные на круговороте веществ.

Исследования в области экологии закрытых систем по своей практической направленности и значимости выходят далеко за границы потребностей обеспечения космических полетов. Так, использование интенсивной технологии культивирования различных одноклеточных водорослей возможно для производства витаминных и белковых препаратов и продуктов в интересах сельского хозяйства и для питания человека. Не случайно в разделе «Основных направлений экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года», посвященном развитию агропромышленного комплекса и реализации Продовольственной программы, намечено активное внедрение научно-технических достижений в области биотехнологии. С ее успехами связывается планируемое на предстоящую пятилетку удвоение выпуска продукции микробиологической промышленности, значительное расширение производства кормового белка и других биологически активных веществ.

Автоматическое культивирование высших растений может быть использовано для непрерывного обеспечения овощами населения городов, расположенных в неблагоприятных климато-географических зонах. Биорегенеративные системы в дальнейшем могут стать неотъемлемой составной частью обитания человека в экстремальных условиях. По-видимому, в XXI в. такие системы широко распространятся при освоении полярных, высокогорных и пустынных областей земного шара, обретут свою «постоянную прописку» в подводных поселениях на континентальном шельфе морей и океанов.

Создание биологических систем жизнеобеспечения имеет и общенаучное значение. Их значимость возрастает в связи с ростом народонаселения планеты и все большим использованием природных ресурсов при помощи высокоразвитых технологических процессов. Успехи «искусственной» биогеоценологии как науки мо-

гут оказывать положительное влияние на изыскание и разработку рациональных путей воздействия человека на биосферу планеты.

Представления В. И. Вернадского о планетарном характере деятельности человека нашли свое отражение в целом ряде моделей, которые описывают эволюцию биосферы как целого. Так как «эксперименты» с биосферой Земли недопустимы, единственным инструментом ее исследования являются математические модели. Одной из первых таких моделей стала система балансовых соотношений расхода кислорода, азота и углекислого газа, предложенная около полувека назад нашим соотечественником В. А. Костицыным [1984].

Расчеты, проведенные независимо в Вычислительном центре АН СССР и Центре климатических исследований США, показали, что в случае ядерной войны — кто бы ее ни начал и в каких бы регионах Земли она ни случилась — человечество ожидает «ядерная ночь» и «ядерная зима», пережить которые невозможно. Как справедливо считает академик Н. Н. Моисеев, это дает основания для дальнейшего интенсивного развития всего направления, связанного с построением глобальных моделей биосферы и превращения их в эффективный инструмент для оценки стратегий человечества при его переходе в эпоху ноосферы.

Как можно предвидеть, характерными чертами XXI в. станут регулярные и длительные космические полеты, постоянная работа на орбитальных станциях, лунных и планетных базах больших коллективов людей, широкомасштабное заселение и обживание различных областей Солнечной системы. В преддверии этих эпохальных событий проблема среды обитания человека развивается на основе общеэкологических представлений о биологически адекватной среде. Учитываются и такие параметры среды обитания, которые жизненно важны для нормального и полноценного функционирования психики человека, его сознания; в этом смысле можно говорить о развитии психозкологических подходов. Такие представления способствуют правильной регуляции процессов в биосфере нашей планеты и в искусственных биосферах, которые будут сопровождать человека на пути в космос и соответствовать его потребностям при неограниченном во времени пребывании вне Земли.

Анализ реальности биологических ограничений в освоении космического пространства. Общие итоги биологических исследований. Влияние невесомости на воспроизведение, формообразование, развитие, мутации, выживаемость, летальность, а также среду обитания, клеточные структуры, системы и целостный организм. Биологические прогнозы о перспективах освоения человечеством космического пространства

Человек как биологический вид идеально приспособлен к условиям Земли, а его социальные навыки дали возможность приспособиться и к труднодоступным географическим районам Земли. Однако космическая среда резко отличается по своим характеристикам от земной, следовательно, требуется новое сочетание элементов биологического приспособления с искусственными способами создания среды, пригодной для жизни. На первый план выходят не биологические, а интеллектуальные адаптационные возможности. Именно исследование, точный научный расчет определяют успех космических миссий.

В этом смысле можно было бы высказать соображение о существенно меньшей подготовленности путешествия Христофора Колумба по сравнению с подготовленностью современных рейсов в космическое пространство.

С этой точки зрения показательны большие усилия, направленные на анализ всех данных о космическом пространстве и предшествовавшие полетам в космос человека. Не будет серьезным преувеличением или отступлением от правды, если сказать, что пробы и тесты, осуществлявшиеся в космосе перед пилотируемыми полетами, носили скорее характер подкрепления уже имевшихся к тому времени знаний.

Так, было известно, что по мере подъема с земной поверхности интенсивность космического излучения должна возрастать. Основной состав галактического космического излучения был более или менее очевиден, хотя пропорции его различных компонентов вызвали сомнения. Не было ответа на вопрос, скопления каких конкретно частиц и в каких соотношениях находятся в околоземном пространстве? И лишь позже, в результате первых зондирующих исследований появились представления о радиационных поясах Земли.

То же самое можно сказать и о многих других параметрах, например барометрическом давлении в околоземном пространстве. Было очевидно, что оно необычайно низкое — по существу, глубокий вакуум. А конкретные значения были — до поры, до времени! — неизвестны. Однако с точки зрения биологии отсутствие этих конкретных значений никак не меняло хода подготовки к полету в космос человека. Тогда-то и возникло представление о так называемых эквивалентах космического пространства, введенное американским специалистом по авиационной медицине Штругхольдом. Действительно, с практической точки зрения все эти характеристики окружающего Землю пространства не имели значения, поскольку существенно меньшие отличия от земной среды уже могли оказаться для земного организма губительными. Это относится и к величинам барометрического давления, и к парциальному составу газов, и к температурным характеристикам, и к дозам ионизирующего излучения — ко всему тому, что характеризует физическую природу окружающего Землю пространства.

Было совершенно очевидно, что полеты живых организмов Земли в космос должны осуществляться в условиях изоляции его от губительных факторов — в герметических кабинах. История этих кабин достаточно хорошо известна. Обстоятельное научное обоснование идея герметической кабины получила еще в работах Д. И. Менделеева.

Самое серьезное внимание было уделено двум факторам, которые остаются в поле зрения исследователей и по сей день, — это уже упомянутое ионизирующее космическое излучение и невесомость. Ко времени начала подготовки полетов человека в космос было известно, что эти барьеры преодолимы. Требовалось лишь экспериментальное, практическое подтверждение. В отношении космической радиации следовало показать, что ее интенсивность не столь велика, чтобы привести к серьезным поражениям земных существ. Что касается невесомости, то надлежало подтвердить имевшиеся предположения, что вызываемые ею реакции не являются несовместимыми с жизнью.

Никогда не возникало подозрений о том, что изменение ориентации тела по отношению к вектору силы земного тяготения может приобретать какую-то осложняющую роль. Кажется впечатляющим простой факт:

клетки организма (включая человека) ориентированы в пространстве каким угодно образом. Взять к примеру, эпителий кишечника. Там имеется очень упорядоченное расположение эпителиальных клеток, выстилающих слизистую оболочку. Но эта упорядоченность имеется лишь с точки зрения конфигурации самого органа. Если посмотреть в микроскоп на срез тонкого кишечника, взаимное расположение клеток представится геометрически довольно правильным. Однако каждая клетка в отдельности по отношению к вектору земного тяготения ориентирована по-разному. Более того, расположение каждой отдельной клетки часто меняется, так как возникает перистальтика, перемещения всего тела в пространстве и др.

Так обстоит дело с любым другим видом ткани — эпителиальные клетки кожи, мышечные клетки, нервные ганглии. Изменения их ориентации по отношению к силе земного тяготения не сказываются пагубно на функциях этих тканей.

Каждая клетка в отдельности совсем не обязательно испытывает на себе серьезное динамическое напряжение, воздействие больших механических сил, и, кроме специализированных тканей, никакие другие ткани таких действий не испытывают. Данное обстоятельство также приводило к мысли о том, что вряд ли отсутствие динамических напряжений, снятие механической нагрузки в невесомости приведут организм к пагубным последствиям.

Можно привести и простые повседневные наблюдения вроде следующего: если вы висите на турнике головой вниз, вы можете глотать, и при этом перемещение слюны совершается против действия силы тяготения. Отсюда следует, что, по-видимому, и невесомость не может стать препятствием для нормального осуществления моторной функции желудочно-кишечного тракта.

Первые же биологические опыты, проведенные у нас в стране и за рубежом, в частности в США, подтвердили это.

Человечество не встретило серьезных биологических ограничений при первых попытках проникновения в космос. Результаты экспериментальных исследований на борту спутников, кораблей и орбитальных станций подтвердили и продолжают подтверждать разумные оценки, согласно которым пребывание живых

существ, включая человека, в условиях космического полета не наносит им вреда.

Как известно, Н. Бор высказывал мысль, что жизнь следует рассматривать как элементарный акт, точно так же, как в атомной физике элементарным актом является квант действия, который не может быть определен и выведен из каких-нибудь других физических понятий. Есть основания согласиться с Н. Бором и признать, что жизнь является элементарным актом, который не может быть определен и описан при помощи физико-химических, а также физиологических свойств живого вещества. При этом свойства элементарности прослеживаются во всех формах живого вещества, на всех уровнях, как непрерывная нить. Отмечая данное обстоятельство, Г. П. Парфенов — ученый, внесший значительный вклад в становление космической биологии, — сосредоточил внимание на влиянии невесомости на элементарные биологические процессы. Изучались прежде всего выживаемость, возникновение различных типов мутаций, прорастание и всхожесть семян, появление новых особей или их гибель, т. е. как раз те явления, для первичного описания которых достаточно натуральных чисел. При дальнейшей разработке проблем, относящихся к области гравитационной биологии, идеи Г. П. Парфенова (см. ниже) находят широкое применение.

Время идет, и в области космической биологии появляются новые проблемы. Одни из них возникают в связи с дальнейшим освоением космоса (прежде всего с увеличением длительности полетов), другие вытекают из общих достижений биологической науки, третьи основываются на результатах выполнения текущих программ, поскольку в ряде случаев необходимо проведение более точных и специализированных или, наоборот, более широких экспериментов.

Было бы интересно и полезно в концентрированной форме изложить основные достижения в области общей гравитационной биологии, полученные в опытах на космических аппаратах за время, прошедшее с начала космической эры и до настоящего момента. Исходя из такого изложения можно было бы сформулировать вновь появившиеся проблемы (или до конца не изученные), а также те, решение которых имеет непосредственное отношение к перспективам освоения космоса человечеством в уже недалеком XXI столетии.

На биоспутниках и других космических аппаратах несколько групп исследователей изучали различные стороны жизнедеятельности одноклеточных организмов.

Полученные результаты оказались достаточно однозначными и выводы исследователей в основном совпали: невесомость не влияет на выживаемость одноклеточных, не воздействует на какие-либо стороны их жизнедеятельности и не вызывает мутаций.

Результаты этих исследований согласуются с теоретическими данными о пределах размеров и форме клеток. У одноклеточных организмов основным физическим процессом, обеспечивающим жизнь, является молекулярная диффузия. Общеизвестно, что максимальным для эффективной диффузии в живой клетке является расстояние, примерно равное 1 мм. Действительно, размеры и форма клеток обычно бывают таковы, что ни одна точка внутри них не удалена более чем на 1 мм от поверхностных мембран. В известной гипотезе американского ученого Э. Полларда о влиянии невесомости на клетку указывается, что оно возможно только в системах, в которых полярное воздействие силы тяжести эффективнее равновероятной во всех направлениях диффузии. Эта возможность несовместима с реальностью. Верхний предел величины клеток определяется физическими законами диффузии. Одноклеточный организм может достичь значительных размеров в одном направлении, иногда в двух, но никогда не увеличивается в трех измерениях.

Второй ограничитель размеров имеет математическую основу. Он требует, чтобы отношение объема клетки к ее поверхности было постоянным и существенно не превышало 1 : 3. При увеличении этого соотношения диффузионная поверхность не обеспечивает биохимические нужды цитоплазмы. Можно видеть, что простейшей геометрической фигурой, удовлетворяющей этому требованию, является шар с радиусом около 1 мм. Соотношение может сохраниться, если увеличение объема клетки будет сопровождаться усложнением формы. Однако у одноклеточных свободно живущих организмов усложнение формы затрудняет процесс клеточного деления и снижает физическую прочность.

Результаты, позволяющие сделать аналогичные выводы, были получены в опытах с клеточными куль-

турами тканей животных, о чем сообщалось в специальной литературе.

Особенно убедительным был эксперимент с клеточной тканью легких эмбриона человека. Поведение клеточной культуры в невесомости фиксировали с помощью двух кинокамер методом цейттраферной съемки. Изучали скорость роста культуры, изменение содержания ДНК, движение цитоплазмы, кариотип, структуру хромосом и другие показатели. Различий между показателями опытного и контрольного экспериментов не наблюдалось. Причем для изучения субклеточных структур были сделаны электронные микрофотографии двух типов: глубинного и сканирующего.

Если вопросы поведения индивидуальных клеток в невесомости в настоящее время получили разъяснение, то такие разделы, как популяции одноклеточных, динамика их роста и распределение организмов в среде, требуют серьезного изучения. Многие одноклеточные обладают либо отрицательным, либо положительным гравитаксисом, благодаря которому в жидких средах они создают, по данным некоторых исследователей, видоспецифические сочетания — паттерны распределения, поддерживаемые активной гравитационно-зависимой биоконвекцией. В невесомости привычные, имеющие адаптивное значение паттерны распределения нарушаются и приобретают другой характер.

Обычное распределение одноклеточных организмов в невесомости может измениться даже в случае, если они не обладают гравирецепцией. Все микроорганизмы имеют тонкую избирательную хеморецепцию. В настоящее время известно более 20 специфических хеморецепторов, которые обеспечивают рациональное распределение популяции в соответствии с химическими градиентами среды. Если конвекционное движение в невесомости исчезнет и химические градиенты начнут уравниваться, то, очевидно, изменятся и концентрации клеток, а также скорость роста культуры. Думается, что именно этим объясняются изменения в скорости роста и концентрации одноклеточных, отмечавшиеся в ряде исследований в невесомости.

Микроорганизмы очень чутко реагируют на условия культивирования. Именно на этом основано промышленное получение хозяйственно важных микроорганизмов. Невесомость создает хорошие условия для

этого. Она влияет на распределение клеток в среде, на градиенты концентрации питательных веществ, соотношение поверхностей жидких и газовых фаз.

Опыты с хлореллой первоначально давали основание полагать, что невесомость ускоряет рост этого микроорганизма. Впоследствии указанный эффект получил объяснение в физически обоснованных особенностях распределения жидкости по гидрофильной поверхности культиватора водорослей в условиях невесомости, в результате которых существенно увеличивалась площадь раздела фаз газ—жидкость. Это улучшало соответственно условия газообмена культуры водорослей и обеспечивало бóльшую скорость роста по сравнению с контролем. Введение физически адекватного контроля с воспроизведением увеличенной площади контакта фаз в условиях невесомости показало, что заметной разницы в опыте и контроле не наблюдается [Газенко и др., 1981].

Невесомость, как правило, создает более благоприятные условия для культивирования микроорганизмов. Такое явление наблюдается лишь в случае, если сохраняются остальные условия культивирования — состав среды, температура, для аэробов — аэрация. Но принципиальный интерес исследователей был сосредоточен прежде всего на поведении индивидуальной свободно живущей клетки в условиях невесомости. В этом отношении эксперименты дали однозначный ответ — ее свойства, функции и морфология остаются неизменными.

За истекшие четверть века в изучении растений применительно к космическим полетам появилась некоторая определенность. Бортовые эксперименты, подтверждаемые опытами на клиностахах, показали, что все стадии развития растений могут проходить в невесомости нормально: прорастание семян, образование первичных органов, цветение и созревание семян, соматический эмбриогенез. Закладка генеративных инициалей также не должна затрудняться в условиях невесомости — этот процесс идет непрерывно от эмбриогенеза до цветения. Сообщения космонавтов с борта орбитальной станции «Салют-6» о цветении арабидопсиса в приборе «Фитон» убедительно показали, что при умелом уходе на борту можно выращивать высшие растения от семени до семени следующего поколения.

Тем не менее изучение высших растений в невесо-

мости сопряжено с большими и часто неосознаваемыми трудностями. Дело в том, что растения находятся в более интимных отношениях с биосферой Земли, чем животные и человек. Животные и человек — организмы гетеротрофные. Появились они значительно позже растений, когда после миллионов лет эволюционной истории поверхность Земли была подготовлена растениями, чтобы принять гетеротрофов. Возникли кислородная атмосфера, избыточные источники питания, появилась даже радиационная защита. Растения, можно сказать, спровоцировали появление животных, сделав вакантным верхнее звено в цепи питания.

Иное дело — на пилотируемых космических аппаратах. Здесь растения вводятся в среду, подготовленную гетеротрофами и для гетеротрофов. Природу растений такой порядок не устраивает. Животные достаточно точно регулируют свою внутреннюю среду при широком диапазоне изменений внешней среды, так как у них имеется общий центр управления — нервная система. У растений общего центра нет. Их развитие и жизнедеятельность происходят благодаря тому, что физиологи растений называют «свободной игрой гормонов», взаимодействующей с неизменной сменой условий внешней среды. Так происходит прорастание семян, рост, цветение, созревание и умирание растений. На критические изменения внешних условий растения отвечают эволюционными приспособлениями, которых нет у животных: более разнообразными способами размножения, длительным периодом покоя, значительно более гибкой морфологией. Вообще эволюцию животных можно сравнить с полетом стрелы, создающим впечатление, что этот полет имеет какую-то цель, а может быть она и действительно есть. Эволюция же растений подобна приливу: ее фронт всеобъемлющ, а общее направление найти трудно. Борьба за существование в царстве растений ведется пассивно. Растения не могут покинуть ареал обитания с неблагоприятными условиями существования, не погибнув при этом. Они не могут и сказать, что именно им не нравится. На неблагоприятные условия растения отвечают гибелью, снижением, прекращением плодоношения, долгосрочными генетическими изменениями. Сейчас растения как раз ждут, когда биологи начнут, как следует проводить с ними опыты на космических аппаратах.

Интимные отношения растений с биосферой, являющейся в функциональном смысле их внутренней средой, при постановке экспериментов требуют совершенно точной регулировки таких условий, как температура, освещенность, состав атмосферы, минеральное питание. Ведь растения фотосинтезируют и дышат всеми своими клетками, имеющими доступ к свету и атмосфере. На борту космических аппаратов пока еще нет устройств, в которых растениям были бы созданы оптимальные условия. Репающие опыты с высшими растениями в невесомости все еще впереди. Необходимо детально отработать методы выращивания растений в невесомости. Для этого должны быть проведены критические бортовые эксперименты с лабораторными оранжереями. Основная задача этих экспериментов — добиться положительного исхода испытаний т. е. обеспечить условия, необходимые для выращивания растений. В качестве посадочного материала будут использованы не только семена, но и вегетативные органы растений: клубни, луковицы, черенки.

Известно, что в невесомости у растений сильно изменяется внешний вид вследствие нарушений ориентации подземных и надземных органов, вероятного исчезновения нутационных (*nutatio* — колебание) движений. Поскольку внешний вид имеет адаптивное значение для растений, это не может не сказаться на урожайности и производстве биомассы. Необходимо изучить количественные закономерности, связывающие изменения растений с практически важными показателями. Очевидна актуальность некоторых других вопросов при экспериментировании на растениях в невесомости. Можно ожидать изменение их биохимического состава, поскольку предсказывается замена целлюлозы на гемицеллюлозы; анатомические нарушения в связи с отсутствием нагрузки на опорные ткани и изменением режима работы сосудистой системы. Наконец, нужно апробировать способы нормализации ориентации корней и стеблей при отсутствии гравитационной стимуляции, в частности проверить функциональную заменяемость гравитостимулов фотостимулами для роста органов растения в нужном направлении.

Установлено, что невесомость существенно не влияет на характер, длительность развития, морфологию, анатомию, биохимию, выживаемость, жизнеспособ-

пость и поведение дрозофилы, мучного хрущака, наездника. Более того, в опыте на спутнике «Космос-1129» с использованием прибора «Гравитационный преферендум» установлено, что дрозофила не замечает снижения силы тяжести до нуля, если судить по времени ее пребывания и по числу развившихся особей в зонах с разной силой тяжести.

При силе тяжести более 1 g длительность развития беспозвоночных является степенной функцией величины силы тяжести, вплоть до значений силы тяжести, при которых развитие останавливается и организм гибнет. В невесомости, вероятно, можно найти порог, характеризующийся видоспецифичной массой организмов. Организмы, масса которых ниже этого порога, по-видимому, не будут замечать невесомости. Организмы с более высокой массой ответят на нее морфологическими и функциональными изменениями. По расчетам, выполненным некоторыми исследователями, пороговая масса должна составлять около 4 г. Опыты на биоспутниках с искусственно создаваемой силой тяжести позволяют проверить правильность теоретических выводов.

Интереснейшая работа чувствительности организмов в невесомости как функции массы тела может быть решена экспериментально уже в ближайшие годы. Некоторые виды беспозвоночных аранжированы по массе как будто специально для этих исследований.

Длительное время существовало представление, что сила тяжести является причиной анимально-вегетативной поляризации яйцеклеток у рыб, амфибий и птиц. Ее влияние в период между проникновением спермы в яйцеклетку и первым делением дробления считалось обязательным условием нормального развития. Лабораторные опыты показали, что эта точка зрения слишком категорична. Как выяснилось, при компенсации силы тяжести развитие может проходить нормально, а анимально-вегетативная поляриность устанавливается при созревании яйцеклеток задолго до проникновения спермия. В условиях невесомости на космических аппаратах не отмечено нарушений в развитии рыб и амфибий. Исходя из результатов эксперимента на биоспутнике «Космос-1129» то же самое можно сказать и о развитии птиц и японских перепелок.

Хотя бортовые эксперименты по изучению разви-

тия и нельзя признать решающими, поскольку имеются замечания относительно условий их проведения, однако совокупные результаты с учетом лабораторных данных показывают, что сила тяжести не является обязательным условием для нормального развития. Скорее, для дорсализации зародышней она имеет корректирующее и дублирующее, т. е. вспомогательное значение.

Есть основания предполагать, что разделение организма на дорсальную и вентральную области является древнейшим, возможно, даже первым морфологическим «изобретением» клетки, первой ее филогенетической реакцией на существование в мире, имеющем верх и низ. Как у животных, так и у растений плоскость первого эмбрионального деления, определяющую, чему быть «спиной» и «животом», не удастся изменить никакими воздействиями. Реализация генетической инструкции, относящейся к этому этапу развития, явно не зависит от внешних условий.

Тем не менее на космических аппаратах решающие критические эксперименты по изучению развития живых организмов провести необходимо. Кроме того, поскольку невесомость, вероятно, не является препятствием для нормального развития, встает задача проверки в бортовых опытах работоспособности и надежности технических систем для выращивания и содержания рыб и птиц в практических целях.

Результаты опытов на большом числе объектов (от вирусов до мышей) показали, что невесомость не вызывает заметного увеличения частоты как спонтанных, так и радиационных мутаций. Подтвердилось предположение о том, что мутации вызываются только факторами, которые имеют квантовую, флуктуирующую, дискретную природу и к тому же должны воздействовать непосредственно на ген. Однако это положение имеет одно важное исключение. В опытах на традесканции и дрозофиле неоднократно отмечалось появление анэуплоидных соматических клеток, что означает возникновение геномных мутаций. Мутации этого типа возникают не всегда, и частота их не зависит от продолжительности полетов. Однако возможность повышения частоты генетических изменений является все-таки тревожным сигналом и требует тщательного изучения реальности этого явления и его количественных закономерностей.

Многочисленные эксперименты, проведенные на космических орбитах, дали космической биологии ценный материал. Самым важным в практическом плане является, пожалуй, доказательство, что сила тяжести не влияет на внутриклеточные процессы до тех пор, пока ее величина не снижает молекулярную диффузию веществ — метаболитов. Неизменяемость скорости мутационного процесса в невесомости, по крайней мере относительно генных и хромосомных мутаций, в сущности является следствием первого утверждения. Отсюда вытекает второе следствие — неизменяемость частоты радиационных мутаций. Оно означает, что воздействие ионизирующих изменений в космосе не намного опаснее, чем на Земле.

Образно говоря, результаты проведенных исследований показали, что человек при освоении космоса может «положиться» на ДНК. Может ли ДНК «положиться» на человека — покажет будущее.

Однако в теоретическом плане в космической биологии многое на первый взгляд кажется запутанным и даже противоречивым. Зависимость организмов от силы тяжести очевидна, поскольку эта сила неразрывно связана с возникновением планеты, ее существованием, условиями жизни. Сила тяжести в любой точке направлена к своему центру. Это сообщает всему, в том числе живым организмам, универсальную аранжировку, которую приближенно можно назвать вертикальной. Благодаря силе тяжести разделяются твердая, жидкая и газообразная среды в соответствии со своими плотностями. Она принимает участие в циклических процессах конвективного перемещения вещества. Одним словом, сила тяжести создает первичный порядок. Без такого порядка не существовали бы физические предпосылки для жизни и биологической эволюции. Несмотря на эти бесспорные положения, в экспериментах и при наблюдениях мы находим очень мало биологических процессов, на которые оказывала бы влияние сила тяжести. У организмов, имеющих относительно небольшие размеры и массу, таких процессов, возможно, нет совсем. Исключений немного, и все они связаны с функционированием многоклеточного организма как единого целого. Исключением, конечно, является устройство статоцитов — клеток, специализировавшихся на рецепции силы тяжести и осуществляющих ее благодаря статолитам — включениям с большой относительной

плотностью. У растений сила тяжести, возможно, участвует в регуляции транспорта фитогормонов. У крупных наземных позвоночных распределение внутренней жидкой среды определяется гидростатическими законами, зависящими от гравитационных условий.

Картина представляется парадоксальной: с одной стороны, у биологических видов (от прокариотов до позвоночных) вся морфология и жизнедеятельность явно приспособлены к существованию в гравитационном поле; с другой — мы не можем обнаружить ни одного элементарного физиологического или биохимического процесса, которые стимулировались бы, тормозились, имели бы триггерный характер или каким-то другим образом были связаны с воздействиями силы тяжести. Парадокс, по-видимому, можно объяснить следующим образом [Газенко, Парфенов, 1982]. Во-первых, живые организмы адаптированы вовсе не к силе тяжести; суть дела в том, что они адаптированы к средам, сформированным силой тяжести и имеющим векторную физическую организацию. Адаптация к силе тяжести, таким образом, является косвенной, кажущейся, по крайней мере, второго, а чаще и более высоких порядков. Во-вторых, наблюдаемая адаптация имеет филогенетический смысл, т. е. это унитарный непрерывный процесс, длительность которого равна длительности биологической эволюции на Земле. Ее механизм такой же, как и у всякого эволюционного изменения, — возникновение случайных мутационных событий и отбор организмов в соответствии с их адаптивными ценностями в следующем поколении.

Дорсовентральная морфология одноклеточных и геотаксическое поведение прокариотов являются филогенетическими адаптациями. Благодаря процессу прогрессивной автономизации гено типа у современных организмов эти структуры и функции возникают независимо от силы тяжести. При установлении полярности серия наследственных изменений на молекулярном уровне, управляемых законами случайных событий, сопрягается естественным отбором в детерминированную морфологическую макроструктуру. Между началом и концом этого процесса — период времени в сотни миллионов лет, а различия в сложности достигают, по некоторым оценкам, 18 порядков.

В рамках предложенной гипотезы о характере действия силы тяжести и адаптации к ней находит хоро-

шее объяснение морфологическая стабильность организмов при изменении силы тяжести. Уже упоминалось, что попытки изменить полярность разными воздействиями, в том числе невесомостью и ускорениями, неизменно оканчивались неудачей. Следует ожидать, что при длительных космических полетах и на постоянных орбитальных и планетарных станциях, когда невесомость или пониженная сила тяжести будут важным элементом среды обитания в течение многих поколений, останутся неизменными не только основные физиологические и биохимические процессы, но и принципиальная морфология живых организмов Земли.

Особого рассмотрения заслуживают две частные проблемы: возможное изменение привычных геометрических форм растений в связи с исчезновением геотропической реакции и формирование опорно-двигательной системы крупных наземных позвоночных, для нормального развития которой, вероятно, необходима продолжительная постэмбриональная механическая нагрузка.

Мы показали благополучное течение в невесомости элементарных биологических процессов, однако достаточно проблематичным является вопрос, сможет ли длительно функционировать в невесомости целостный организм?

При подготовке первых пилотируемых космических полетов исходные теоретические предпосылки, касающиеся среды обитания, базировались на представлениях коммунальной гигиены. В то время было естественным стремиться к тому, чтобы факторы среды, в частности микроклимат в космическом корабле, не предъявляли организму человека каких-либо дополнительных функциональных нагрузок, хотя это требование всегда шло на вынужденный компромисс с реальными возможностями техники применительно к конкретным космическим объектам.

Существенное увеличение длительности космических полетов не только как факт, но и как постоянная тенденция будущего космонавтики делает целесообразным своевременный пересмотр существующих подходов к определению необходимого и достаточного в комплексе факторов среды обитания человека.

Возникшая за последнее время проблема гипокинеза в космическом полете не только потребовала пе-

респекта объема и режима физической деятельности космонавтов, но и поставила под сомнение принципиальную правильность концепции физиологического и гигиенического комфорта при формировании среды обитания в космическом корабле.

Конечно, здесь имеет значение не только гипокинезия — наиболее заметное частное проявление общего дефицита функциональных нагрузок в условиях космического полета в невесомости. Гипофункция и, как следствие, сужение функциональных возможностей организма, надо полагать, касаются не только опорно-двигательного аппарата и сердечно-сосудистой системы. В условиях монотонно-комфортной среды такой же детренирующий эффект можно ожидать со стороны любых других физиологических систем, например терморегуляторного аппарата и механизмов терморегуляции, включая кожные вазомоторные реакции. В связи с пониженным уровнем физических нагрузок при комфортном составе атмосферы все реже будут возникать естественные для земных условий ситуации, сопровождающиеся временной гипоксией, гиперкапнией, образованием и ликвидацией «кислородного долга» в тканях и органах.

В то же время можно полагать, что подобные ситуации и преодоление организмом временных «пиковых» функциональных нагрузок вообще являются необходимым условием поддержания нормального уровня функциональной лабильности организма. И если такие нагрузки в условиях невесомости, пониженной гравитации или по режиму труда оказываются недостаточными, то этот дефицит деятельности может и должен быть восполнен, по крайней мере частично, за счет нагрузочного воздействия периодически задаваемых дискомфортных значений факторов среды в корабле (газовый состав атмосферы, тепловые свойства среды). Такое предположение вытекает из концепции единства организма, его деятельности и среды.

На основе таких соображений возникла концепция динамической среды обитания в космическом корабле, которая в предвидении полетов большой продолжительности, по-видимому, должна прийти на смену концепции «щадающего» гигиенического комфорта (см., например: [Газепко, Шенелев, 1977]).

При этом в практику нормирования среды должны будут войти и некоторые новые факторы, например

величина гравитации, ультрафиолетовое излучение, аэроионный состав атмосферы, параметры магнитного и электромагнитного полей и, возможно, не нормируемые сегодня другие биологически значимые факторы среды. Каждый из них в отдельности может и не иметь жизненно важного значения, однако в совокупности со всеми известными параметрами они составляют необходимые элементы естественной среды обитания человека как исторического условия формирования его современных биологических потребностей.

Данные обстоятельства необходимо учитывать при выдаче биологических прогнозов о перспективах освоения человечеством космического пространства.

Однако физическими факторами среды не исчерпывается объем требований к среде обитания человека в космических кораблях, рассчитанных на длительное автономное существование. Результаты многих исследований в гермокамерах и имитаторах космических кораблей выдвигают новую проблему — проблему биотической среды, в частности микробного окружения человека. Имеется ряд экспериментальных данных о том, что ограничение видового состава микрофлоры среды в герметических обитаемых объектах приводит к обеднению собственной микрофлоры человека и, как следствие, к снижению уровня иммунной реактивности организма.

Накопленные к настоящему времени факты дают повод говорить о том, что человеку, находящемуся в относительно длительном космическом полете, свойственно состояние гипофункции организма в широком смысле. Гипокинезия в этих условиях оказалась только наиболее заметным и относительно хорошо изученным последствием этого рода.

Указанная выше роль биотической среды — уже принципиально новый вопрос, выходящий за традиционные рамки гигиены и стимулированный космическими исследованиями. Он требует рассмотрения среды обитания человека при длительном существовании вне биосферы Земли с более широкими общебиологическими, экологическими позициями.

Экологический подход к среде обитания человека должен прежде всего учитывать, что его потребности, как и других земных организмов, исторически сформировались в процессе длительной адаптивной эволюции в условиях биосферы Земли. Поэтому условия биосферы

являются, бесспорно, предельным случаем биологически полноценной среды обитания, полностью адекватной потребностям человека.

Для космонавтики важно установить, какая степень неадекватности искусственной среды в космическом корабле допустима при разных сроках автономного существования человека вне биосферы Земли. Эта задача требует дальнейшего развития основных положений теории среды обитания человека в широком экологическом понимании, а также критического анализа тех уже сложившихся моделей среды, которыми мы пользуемся в настоящее время для нормирования физических параметров атмосферы, состава пищевых рационов и качества питьевой воды в космических кораблях.

Не исключено, что наши современные представления об основных нормируемых факторах среды могут оказаться неполными, недостаточно адекватными биологическим потребностям человека в условиях более длительного автономного существования космических экипажей. Неполноту наших знаний об основных факторах среды человека можно представить по аналогии с историей раскрытия роли витаминов.

Так, открытие патогенеза известных к настоящему времени авитаминозов — лишь наиболее известные примеры непредвиденных последствий нарушения естественных связей человека с окружающей средой. Они были выявлены из-за длительных ограничений источников питания в морских путешествиях, полярных зимовках, а также некоторых «усовершенствований» в технологии обработки пищевых продуктов, например, удаления у зерен риса оболочек, содержащих витамин.

Подобные нарушения природных связей человека пока что не были возможны в отношении атмосферы, по крайней мере с продолжительностью, соизмеримой с периодом развития гипо- или авитаминозов. Однако представления об атмосфере как о растворе кислорода и углекислоты в азоте, существующие в практике современной космической медицины, заведомо не отражают фактической сложности состава биогенной атмосферы Земли, содержащей, помимо нормируемых нами компонентов, большое число органических веществ, главным образом растительного и бактериального происхождения. Их биологическое значение, первоначально обнаруженное в виде бактерицидного эффек-

та, при дальнейшем изучении оказалось более разнообразным. Среди этих компонентов атмосферы имеются как стимуляторы, так и ингибиторы физиологических функций организмов.

Ранее мы уже говорили о важности видового разнообразия сопутствующей микрофлоры человека как необходимого источника иммуногенной стимуляции. Совместное рассмотрение упомянутых выше эмпирических факторов приводит к мысли, что заведомо полноценной или априорно адекватной в биологическом отношении средой обитания человека (как и других земных организмов) может быть только биогенная среда, создаваемая теми же механизмами, с помощью которых сформировалась и поддерживается земная биосфера, наиболее полно обеспечивающая длительные биологические потребности организмов. Так, например, в натуральной пище содержатся как уже известные, так и еще не открытые биологически активные вещества, перерождение которых пополняется почти ежегодно.

Таким образом, с рассматриваемой точки зрения биологические системы жизнеобеспечения являются не просто одним из возможных способов регенерации потребляемых человеком веществ — кислорода, воды и пищи. При определенном уровне функциональной организации и видовой структуры таких систем возникает единственный, качественно отличный от небиологических систем способ тотального формирования среды обитания человека, наиболее адекватный земным условиям, а следовательно, и биологическим потребностям человека.

Прогнозируя с биологических позиций перспективы освоения космоса человечеством, нельзя не учитывать важной тенденции, родившейся и упрочившейся в последние годы: перевода проблемы среды обитания человека от привычных физиолого-гигиенических на уровень общеприродных, экологических представлений о среде, адекватной потребностям человека, возникшим в процессе его эволюции в земной биосфере.

От полета к полету растут знания и опыт в области космической биологии. Это позволяет каждый следующий шаг делать более уверенно и добиваться более значительных результатов.

Все яснее вырисовываются перспективы эксплуатации постоянно действующих орбитальных платформ, обеспечивающих практически неограниченную по вре-

мепи жизнь и работу людей в космосе. Если дело пойдет таким образом, то возникнут предпосылки для реализации будущих межпланетных полетов и, возможно, для создания в космосе автономных поселений людей.

Вглядываясь в более отдаленное будущее, можно представить себе различные пути заселения человеком космоса. Сначала это будет создание космических поселений в пределах Солнечной системы, затем, возможно, расселение людей за ее пределы — освоение Галактики.

Сегодня еще рано конкретно обсуждать осуществимость подобных дерзких проектов. Но совершенно очевидно, что для этого потребуются новые ракетные системы или, в более общем виде, новые технические средства освоения космоса, а также новые системы жизнеобеспечения, способные обеспечить продолжительность полетов, соизмеримую с продолжительностью жизни человека или даже поколений.

Когда мы говорим о новых системах жизнеобеспечения человека, мы имеем в виду рассмотренные выше замкнутые экологические системы, основанные на биологических способах регенерации атмосферы, пищи и воды. По существу, это попытка создания миниатюрной системы, подобной биосфере Земли. Если этот подход со временем удастся реализовать, то человек сможет выносить в выбранную им область космического пространства аналог привычной для него земной среды обитания. Однако подобные случаи, скорее всего, будут исключением. Правилom будет наличие своих экологических особенностей в новых областях обитания человека в космосе.

Исходя из этого интересно рассмотреть возможные биологические последствия космического расселения человека, опираясь на известные данные эволюционной теории. К. Э. Циолковский предполагал, что длительное пребывание в пространстве, лишенном силы тяжести, постепенно вызовет у земных растений и животных существенные анатомофизиологические изменения. Показательно в этом смысле высказывание Константина Эдуардовича, что действительно существующая форма человеческого существа приспособлена к среде сил параллельных и равных, и не будь тяжести на поверхности Земли при неизменяемости остальных обстоятельств жизни, форма эта совершенно изменилась

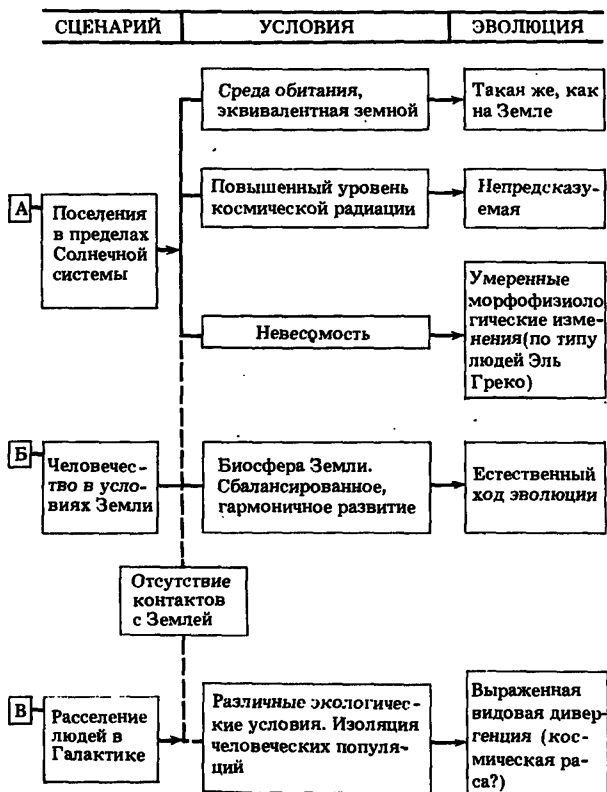
бы или по крайней мере преобразовалась бы путем естественного отбора; старая форма оказалась бы невыгодной в борьбе за существование при новых условиях, потому что она уже не удовлетворяет идеалу новой среды.

Стремясь донести эту идею до читателя на конкретном примере, К. Э. Циолковский высказал мысль как бы из области научной фантастики: «Поги, необходимые при передвижении в среде тяжести, нисколько не пужны в свободном пространстве, так что, наверное, они атрофировались бы или преобразовались бы в полезный при данной среде член». В предисловии к книге К. Э. Циолковского «Жизнь в межзвездной среде» (1919—1920 гг.) писатель-фантаст и ученый-палеонтолог И. А. Ефремов подчеркивал, что современная наука знает, что при чрезвычайной длительности исторических изменений живых существ для человека немыслимо ждать, пока он изменится биологически. Куда скорее и проще заменить эти превращения созданием соответственных приборов и орудий, как это человек делает уже более миллиона лет. Однако создание любых приборов и орудий не отменяет основного принципа антропозкологии — соответствия морфофункциональной организации живых существ особенностям среды обитания. И если на протяжении десятков тысяч поколений ведущей особенностью среды станет отсутствие силы тяготения, возможны различные направления событий. Мы можем сравнить два сценария развития событий с естественным ходом эволюции человека, продолжающего жизнь в нормальных для него условиях биосферы Земли (см. схему, сценарий *Б*). В соответствии со сценарием *А* при создании космических поселений в пределах Солнечной системы возможны по крайней мере три варианта.

1-й вариант (см. верхнюю часть схемы). Если в космических сооружениях удастся создать среду, эквивалентную по основным экологическим характеристикам земной, а живущая там популяция людей не будет изолирована и не утратит генетического контакта с землянами, то эволюция жителей космических поселений не будет отличаться от эволюции человека на Земле.

2-й вариант. Условия жизни поселения в космосе отличаются повышенным уровнем воздействия космических излучений. В силу случайного характера радиационных мутаций ход эволюции непредсказуем.

ВОЗМОЖНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ



3-й вариант. Экологической особенностью является невесомость, обладающая селективными свойствами. Ход естественного отбора в пределах нормы генетических реакций может привести к развитию умеренных морфофизиологических особенностей людей. По-видимому, они будут утрачивать то, что на Земле люди приобрели в ходе филогенетической адаптации к гравитации. Внешне эти люди космических поселений будут напоминать персонажи картин Эль Греко (например, Св. Мартин). Если этот прогноз об облике людей будущего, впервые обоснованный одним из авторов [Газенко, 1984], подтвердится, то нашим далеким потомкам останется лишь гадать о природе творческой интуиции художника, заглянувшего в космическое будущее.

История знает случаи правильных решений научных проблем, в том числе и космических, содержащихся в произведениях литературы и искусства. Например, Сирано де Бержерак предлагал еще в 1649 г. для достижения Луны использовать ящик с прикрепленными к нему большими пороховыми ракетами.

Наконец, обратимся к сценарию В — расселению людей в Галактике. Можно ожидать, что частично или полностью колонизированная Галактика будет населена существами, имеющими статус *Homo sapiens*, но отличающимися высоким видовым разнообразием. Дело в том, что при отсутствии регулярных генетических контактов человеческие группы, осуществляющие колонизацию, будут подвергнуты «разрывающему отбору» по многим признакам, что неизбежно приведет через определенное время (сотни поколений) к выраженной видовой дивергенции.

Разумеется, перспективы освоения Галактики, да и Солнечной системы реальны только в том случае, если эволюция человека на своей родной планете будет идти в правильном направлении.

Целью забывать и того, что история человечества изобилует не только победами, но и ошибками. Может быть, теперь перед лицом открывшихся нам возможностей мы сумеем проявить больше ума, мудрости и предвидения?

Физиологические и медико-биологические проблемы космического полета. Характеристика функциональных и структурных перестроек, обусловленных влиянием на организм факторов космического полета. Проблемы адаптации к невесомости и реадаптации к земной силе тяжести в послеполетном периоде. Подходы к экспериментальному изучению, моделированию невесомости в наземных условиях. Методы контроля, диагностики и прогнозирования реакций на невесомость. Анализ механизмов возникновения неблагоприятных реакций в космическом полете, возможностей их преодоления. Медицинские прогнозы о перспективах освоения человечеством космического пространства

За 25 лет, минувших со времени исторического полета Юрия Гагарина, космические полеты совершили около 200 человек. Продолжительность орбитальных полетов доведена до восьми месяцев и суммарно составила около 15 лет. Рекордсменом по продолжительности пребы-

вания в космосе являлся космонавт Валерий Рюмин (суммарно за три полета — год), а по числу полетов — космонавт Владимир Джанибеков и астронавт Джон Янг (пять и шесть полетов соответственно). Как видно, проделана большая и успешная работа. Но не следует обольщаться — будем лучше считать, что мы находимся в начале пути в космос.

Сама по себе космическая среда не совместима с жизнью, и об этом не раз говорилось на страницах этой книги. Глубокий вакуум, слишком низкие или, напротив, слишком высокие температуры, ультрафиолетовое излучение — все это неприемлемо для земных форм жизни.

Поэтому на космических кораблях приходится создавать герметические кабины, оборудованные довольно сложным комплексом систем жизнеобеспечения. Будущие обитаемые сооружения на планетах или в космосе, о которых так много говорят в последнее время и о которых будет идти речь в третьей главе, должны надежно обеспечить защиту человека от воздействия этой чуждой для него среды.

Рассмотрим, как влияют факторы космического полета на организм человека, каковы функциональные и структурные перестройки, обусловленные этими факторами? Выделим из всех факторов основные: космическая радиация, невесомость, ненормальные отклонения параметров среды обитания в кабине корабля, факторы, вызывающие выраженное нервно-эмоциональное напряжение.

Начнем с космической радиации. Как мы знаем, источниками этой радиации являются галактическое космическое излучение, идущее из глубин космоса, излучение вспышек Солнца, радиационные пояса Земли. Во всех полетах проводилась тщательная дозиметрия. Она показала, что поглощенная телом космонавта доза при полетах к Луне (пересечение радиационных поясов Земли) составляла около 0,5 бэр, а при самых длительных (до 7—8 месяцев) орбитальных полетах возрастала до величины около 5 бэр. Однако все эти значения заметно ниже принятой допустимой дозы облучения.

Таким образом, пока мы летаем ниже радиационных поясов Земли, мы не сталкиваемся со слишком драматичными проблемами. Но дело коренным образом изменится при межпланетных полетах. В этом случае важное значение может приобрести галактическое кос-

мическое излучение, состоящее из ядер химических элементов, имеющих релятивистскую скорость.

На основании некоторых экспериментов исследователи предполагают, что за двухлетнее пребывание человека в космосе можно ожидать потерю 0,12% нервных клеток в коре головного мозга человека вследствие воздействия релятивистских андронов. Правда, эта величина заметно ниже таковой при естественном процессе старения. Однако с биологической точки зрения более существенной может оказаться топография трека тяжелой частицы, особенно если ее путь будет проходить через скопление нервных клеток, образующих какой-либо жизненно важный центр головного мозга. Таким образом, будущее развитие межпланетных полетов в значительной степени зависит от решения этой проблемы.

Другим важным фактором при полете в космос является невесомость, под которой понимается отсутствие веса, т. е. силы, с которой тело под влиянием тяготения давит на опору и испытывает со стороны опоры ответное противодействие. Невесомость — биологически высокоактивный фактор космического полета. Если суммировать имеющиеся к настоящему времени данные о влиянии невесомости на организм, получится следующая картина.

При невесомости организм перестает активно противодействовать весовой нагрузке для сохранения своей формы, положения в пространстве и двигательной активности; устраняются внутренние давления, напряжения и деформации в опорных структурах организма, обусловленные в наземных условиях весом отдельных частей тела и биологических жидкостей; устраняется роль внутрисосудистого гидростатического давления в распределении крови и других биологических жидкостей относительно оси тела, совпадающей в наземных условиях с гравитационной вертикалью; нарушается механизм пространственного анализа в связи с невозможностью ориентации на гравитационную вертикаль; меняются условия перемещения тела и отдельных его частей в пространстве (способы, навыки, усилия, скорости, энергетика); снижается роль тепловой конвекции в механизмах теплообмена организма со средой. В условиях невесомости возникают объективные предпосылки для существенных изменений функции и поведения земных организмов.

Для теоретического и практического развития космонавтики необходимо исследовать конкретные проявления таких изменений, скорости их развития, обратимость и последствия, а также возможность стабилизировать состояние с помощью комплекса управляющих воздействий.

В начальной фазе полета, когда состояние космонавта не адаптировано к невесомости, обнаруживается ряд постепенно угасающих сенсорных, двигательных и вегетативных нарушений. Это нарушения пространственной ориентации, иллюзорные ощущения падения, переверотов, вращения тела, смещения рассматриваемых предметов, эмоциональные реакции, нарушения координации движений, отечность мягких тканей лица и слизистых оболочек головы, ощущение тяжести в голове, иногда космическая форма болезни движения.

Эти симптомы связаны с нарушением слаженной деятельности таких органов чувств, как вестибулярный аппарат внутреннего уха, зрение, кожная и мышечная чувствительность. Человек испытывает ощущение, как будто он падает или совершает полет головой вниз. Часто к этому присоединяются неприятные ощущения дискомфорта, проявляющиеся в головокружении, слабости, тошноте, усиленном слюноотделении, а иногда и рвоте. Выраженность и продолжительность этих симптомов весьма индивидуальны, но примерно у половины людей, совершивших полеты в космос, в большей или меньшей степени они имели место. В существенной мере это определяется опытом, тренированностью, индивидуальными особенностями космонавтов, условиями их обитания и деятельности в полете, а также быстрой адаптации к невесомости.

Наиболее ранние проявления адаптации касаются анализаторной, локомоторной деятельности и регуляции водно-солевого обмена. В течение первых дней полета улучшается ориентация в пространстве и координация движений, угасают неприятные субъективные реакции и проявления болезни движения. Относительное увеличение кровенаполнения верхней половины тела вызывает нервно-гормональные реакции, приводящие к возрастанию диуреза и уменьшению объема циркулирующей плазмы (рефлекс Генри—Гауэра). В результате этого смягчаются неприятные ощущения прилива крови к голове, а водно-солевой обмен устанавливается на новом, более низком балансовом уровне.

В ответ на сгущение крови в дальнейшем уменьшаются масса форменных элементов и количество гемоглобина, гемоконцентрация восстанавливается. Таким образом, равновесие достигается ценой дегидратации и уменьшения объема циркулирующей крови.

Самостоятельной причиной адаптационных перестроек в условиях невесомости является устранение весовой нагрузки на опорно-двигательный аппарат. Уменьшение усилий для поддержания позы, перемещения тела и предметов в пространстве создают в космическом полете ситуацию, свойственную гиподинамией.

Как известно, под гиподинамией понимают уменьшение силового компонента двигательной активности, обусловленное общей и мышечной слабостью в результате заболевания (крайний случай — адипамия) или пребыванием в условиях пониженной гравитации, невесомости, иммерсии, постельного режима и т. п., когда нагрузка на мышцы резко снижена. Возникают феномены «неупотребления» или «разгрузки», а затем «атрофии от бездействия» и «детренированности».

При достаточно длительном пребывании в условиях гиподинамии в организме развиваются атрофические изменения в мышцах, снижение физической работоспособности, детренированность сердечно-сосудистой системы, понижение ортостатической устойчивости, изменение водно-солевого баланса, системы крови, иммунитета, деминерализация костей и т. д. Многие из указанных изменений не зависят от конкретной причины гиподинамии, что позволяет использовать гиподинамию как приближенную модель невесомости в наземных условиях, о чем подробнее будет сказано ниже.

Встречающийся в литературе термин «гипокинезия» означает уменьшение пространственного компонента движения. Хотя в наземных условиях (например, при погружении в воду при горизонтальном положении тела) гиподинамию часто сопровождает гипокинезия, замена одного понятия другим не всегда правомерна: при длительном неподвижном стоянии в наземных условиях (гипокинезия) нагрузка мышц, особенно антигравитационных, не уменьшается, а может быть даже повышена (стояние с грузом — гипердипамия); в невесомости объем движений может сохраняться или увеличиваться (гиперкинезия), а «недогрузка» (гиподинамия) мышц остается. Гипокинезия также способна привести к эффекту «неупотребления» — атрофии мышц

«от бездействия», по ее специфическим последствиям являются тугоподвижность суставов и нарушения в сфере регуляции движений.

Так или иначе, уменьшение усилий для поддержания позы и перемещения тела и предметов в пространстве на протяжении космического полета ведет к постепенному развитию деструктивных процессов в костях и мышцах, а также к изменениям белкового, минерального и газоэнергетического обмена, к детренированности сердечно-сосудистой системы. Результатом этой своеобразной «атрофии от бездействия» становятся похудание, уменьшение силы, выносливости, устойчивости к различным экстремальным воздействиям, а также ряд других явлений, которые можно обозначить как астенизацию.

В неосложненных условиях космического полета эти перестройки сами по себе не мешают его продолжению, но могут повлечь за собой изменения реактивности, иммунитета и психоэмоциональной устойчивости, увеличивающие вероятность заболеваний космонавтов. При повышенных требованиях к организму функциональная недостаточность, обусловленная астенизирующим влиянием невесомости, проявляется весьма отчетливо. Совершенно очевидно, что приспособление к воздействию невесомости связано с физиологической и отчасти анатомической перестройкой организма.

По этой причине приспособление к невесомости одновременно означает утрату человеком приспособленности к привычным для него условиям Земли. Все люди, побывавшие на орбите, испытывают определенные, часто значительные трудности именно после возвращения на Землю. Нелегкий, иногда даже тягостный процесс реадaptации — биологическая плата за пребывание в космосе.

Моделирование некоторых физических и биологических эффектов невесомости в лабораторных условиях на Земле является важным методическим приемом гравитационной биологии и космической медицины. Оно служит решению актуальных задач практической космонавтики, а также способствует уяснению влияния гравитации на структуру, функцию организма и регуляцию его внутренней среды.

Невозможность воспроизведения невесомости в наземных условиях вынуждала исследователей искать иные пути для ее изучения. 100 лет назад немецкий

ботаник Ю. Сакс изобрел клиноSTAT — прибор, рассчитанный на то, чтобы лишить развивающееся растение зависимости от влияния тяготения. Более 70 лет назад К. Э. Циолковский пришел к заключению, что биологические и физические эффекты, сходные с отсутствием тяжести, возникают при нахождении человека в горизонтальном положении или при погружении его в воду.

Под моделью, как правило, понимается упрощенное отображение структуры и связей. Сказанное справедливо и по отношению к моделям невесомости, но с той особенностью, что черты уподобления, упрощения или расширения в этом случае к тому же и вынужденные, поскольку создать полный эквивалент невесомости на Земле просто невозможно.

В проблеме моделирования действия невесомости на организм человека различают качественную и количественную стороны. Оценка качественной приемлемости модели, конечно, зависит от того, какие качества мы приписываем самой невесомости. Как уже упоминалось, невесомость первично вызывает перераспределение крови, выражающееся в увеличении кровенаполнения сосудов грудной клетки и головы, гиподинамию, связанную со снятием гравитационной нагрузки с костно-опорного аппарата и мышечной системы, а также изменения в деятельности анализаторов. Эти первичные эффекты невесомости вызывают цепь вторично обусловленных сдвигов, совокупность которых определяет конечные проявления адаптации. В зависимости от задачи исследования объектом моделирования могут быть любые стадии адаптационных перестроек, но наибольший интерес по попятным причинам представляет моделирование первичных эффектов невесомости.

Возможности моделирования такого первичного эффекта, как снятие весовой нагрузки с опорно-двигательного аппарата, определяются векторными свойствами этой нагрузки. Любым способом вызванное уменьшение ее величины или изменение направления действия могут привести к частичной утрате антигравитационных функций, ориентированных у человека на сохранение гомеостаза в условиях прямостояния. С этой точки зрения качественными аналогами невесомости для человека могут быть перевод тела из вертикального положения в горизонтальное, а также условия гидростатического взвешивания. В первом случае вес тела и его сегментов остается прежним, но весовая нагрузка

с продольной оси тела полностью снимается и, действуя в поперечном направлении, распределяется на относительно большую опорную поверхность. Это сопровождается уменьшением давления на единицу площади опорной поверхности, связанных с этим местных напряжений и деформаций, а также мышечных усилий, затрачиваемых на преодоление веса в статических и динамических условиях. Создается качественно сходная с невесомостью ситуация, при которой отпадает необходимость в поддержании антигравитационных усилий.

Взвешенное состояние, возникающее при погружении в жидкость, равную по плотности средней плотности тела, воспроизводит снятие весовой нагрузки на опорные структуры при любом положении тела в пространстве. В соответствии с законом Архимеда вес в этом случае нейтрализуется численно равной ему, но противоположно направленной выталкивающей силой, которая приложена в центре тяжести объема погруженных сегментов тела. Гидростатическое взвешивание уменьшает внутренние напряжения и деформации, обусловленные давлением вышележащих частей тела на нижележащие, но не исключает возникновения внутренних сил, благодаря которым неоднородные массы стремятся распределиться по плотности относительно гравитационной вертикали.

Горизонтальное положение тела и условия гидростатического взвешивания воспроизводят и другой первичный эффект невесомости: независимое от влияния тяготения распределение крови относительно продольной оси тела. Распределение крови зависит от соотношения внешних и внутренних сил, действующих на сосуды, и от состояния их упруго-эластических свойств. К числу факторов, влияющих на растяжимость кровеносных сосудов, относятся кровяное давление (его гемодинамический и гидростатический компоненты), механические свойства и тургор окружающих сосудов тканей, мышечный тонус, сдавливание сосудов за счет веса прилежащих органов, тканей, серозных жидкостей. Некоторые из сил, действующие на сосуды, определяются тяготением и становятся физиологически значимыми в результате деформации сосудов, главным образом венозных, приводя к изменениям их емкости и объема деформируемой в них крови.

При переходе от вертикальной позы к горизонтальной внутрисосудистое гидростатическое давление, зави-

сящее от удельного веса крови и высоты ее столба, действует уже не в продольном, а в поперечном направлении и в 6—8 раз уменьшается по величине.

При погружении человека в воду гидростатическое давление крови нивелируется эквивалентным противодействием столба воды на мягкие ткани и на заложенные в них кровеносные сосуды. В результате этого распределение крови в организме не зависит от влияния тяготения.

Сопутствующее рассматриваемым моделям ограничение подвижности в энергетическом отношении сопоставимо с уменьшением мышечных затрат на перемещение тела и отдельных его частей в невесомости. Это создает предпосылки и для возникновения сходных физиологических реакций. Вместе с тем рассматриваемым моделям присущи и некоторые несвойственные невесомости черты. Так, при постельном режиме невозможно воспроизвести субъективное ощущение невесомости, что связано с сохранением опоры, необходимостью преодоления веса при движениях и сохранением воздействия отолитов на отолитовую мембрану.

Водная иммерсия по таким критериям, как характер распределения крови, ликвидация опоры и спяние весовой нагрузки с тела более близка невесомости, но и для нее свойственно сохранение воздействия отолитов на рецепторы отолитовой мембраны. Кроме того, погружение в воду меняет термотопографию поверхности тела, исключает кожное дыхание и сопровождается кожной мацерацией. Избежать некоторых из этих осложнений и увеличить продолжительность иммерсии вплоть до 56 суток позволил разработанный Е. Б. Шульженко метод «сухого» погружения.

Для сухой иммерсии вся поверхность воды в ванне покрывается специальной высокоэластичной водонепроницаемой тканью, которая укрепляется по наружному периметру ванны. Площадь ткани значительно превышает площадь водной поверхности. Уложенный на эластичную ткань участник эксперимента погружается в иммерсионную среду по шею и со всех сторон свободно обволакивается гидроизолирующей тканью и иммерсионной средой. Никаких ложементов, служащих опорой для тела, не требуется. «Сухое» погружение позволяет получать физиологическую информацию во время иммерсии практически с любого участка тела без извлечения человека из ванны.

Теперь рассмотрим количественные критерии модели реальной невесомости. Увеличенное кровенаполнение сосудов малого круга кровообращения может быть воспроизведено не только с достаточной полнотой, но и в утрированной форме, например, при дыхании под «отрицательным» давлением во время водной иммерсии или приданием телу различных наклонов вниз головой при нахождении в постели (антиортостатическое положение).

Весовая нагрузка, действующая в условиях прямостояния «на сжатие» в направлении продольной оси тела, количественно может быть сведена к нулю (горизонтальная поза) или изменена по знаку (в антиортостатическом положении). И хотя шкала экспериментальных воздействий, таким образом, достаточно широка, воспроизведение первичных эффектов невесомости в моделях все-таки не в полной мере соответствует прототипу.

В связи с этим можно предположить три возможности: во-первых, количественное несоответствие эффектов моделированной невесомости по сравнению с реальной проявится в изменении скорости развития ответных реакций в основном, не препятствуя выяснению их состава, характера и механизмов формирования; во-вторых, неполная эквивалентность методов лабораторного моделирования невесомости не позволит воспроизвести всей гаммы ответных реакций на реальное воздействие; и, в-третьих, наличие в модели черт, не свойственных невесомости, предрасполагает к формированию побочных, не имеющих отношения к реальному воздействию ответных реакций.

В экспериментальной практике, по-видимому, приходится считаться со всеми упомянутыми возможностями. Отличия в скорости формирования ответной реакции в большинстве случаев вполне приемлемы. Тезис о неполноте воспроизводимой картины, очевидно, следует отнести преимущественно к реакциям, связанным с особенностями функции органов чувств, что не препятствует исследованию гиподинамически и гидростатически обусловленных реакций. И, наконец, возможность побочных реакций на иммерсию или постельный режим должна, естественно, постоянно учитываться и всеми возможными способами уменьшаться.

Имеются и другие варианты воспроизведения рассматриваемых первичных эффектов невесомости.

1. Ограничение двигательной активности при сохранении действия гидростатического давления крови (пребывание в кресле, в помещении малого объема).

2. Компенсация внутрисосудистого гидростатического давления избыточным давлением на нижнюю половину тела с помощью противоперегрузочных костюмов, что позволяет в условиях неизменной двигательной активности воспроизводить реакции, зависящие от перераспределения крови.

3. Погружение в сыпучий материал, обеспечивающее идеальное профилирование поверхности тела и частичную компенсацию гидростатического давления крови за счет внешнего — нарастающего по мере увеличения глубины погружения — противодействия сыпучего материала на тело. Воспроизводя те же эффекты, что и водная иммерсия, этот метод обладает своими положительными и негативными сторонами и может служить предметом выбора.

4. Горизонтальное вывешивание, снимающее действие весовой нагрузки и гидростатического давления крови с продольной оси тела, но сохраняющее некоторую свободу перемещений, что соответствует и условиям космического полета.

Помимо рассмотренных моделей, которые воспроизводят первичные, по существу, физические проявления невесомости, возможны и другие, «симптоматические» модели. Так, например, первичные испытания эффективности противоперегрузочных костюмов различной модификации вполне уместно проводить на лицах с ослабленной ортостатической устойчивостью независимо от того, чем она вызвана. Это же относится к средствам и методам восстановления мышечной атрофии, профилактике и лечению вестибуло-вегетативных расстройств.

Длительное пребывание во вращающейся со скоростью 4—6 оборотов в минуту комнате воспроизводит сенсорные, двигательные и вегетативные расстройства, напоминающие симптомы раннего периода пребывания человека в невесомости. Эта модель может оказаться полезной для изучения общих закономерностей адаптации человека к воздействию физических факторов, выяснению способов ускорения адаптации, а также для разработки методов и средств купирования вестибуло-вегетативных расстройств.

Следует отметить, что сложная проблема изучения невесомости основывается на синтезе прямых, т. е. получаемых при космических полетах человека, и косвенных экспериментальных данных, получаемых на ее лабораторных моделях. Именно этот подход обеспечил успешное освоение человеком космического пространства и заложил основы для последующего прогресса в области медицинского обеспечения пилотируемых космических полетов.

В связи с этим весьма важным оказывается определение граничных условий, которые являются допустимыми с точки зрения все равно неизбежной биологической цены за осуществление космического полета. По мере совершенствования технических средств космонавтики эта цена, может быть, уменьшится, но она никогда не обратится в нуль. Точно так же, как есть определенный уровень физиологических затрат у пассажиров при полетах на самолетах по маршрутам Москва—Ленинград и Москва—Нью-Йорк, хотя пассажиры могут в полете и отдохнуть, и поесть, и почитать, и даже посмотреть кинофильм.

Космическая биология и медицина должны научиться точно определять, что именно мы готовы заплатить, — величину того минимума эффектов, сдвигов, на которые готов идти человек во имя полета. К сожалению, на сегодня пока точно определять этого мы не можем. Общая стратегия сводится в тому, чтобы биологическая цена полета в космос становилась все меньше.

Чтобы реализовать эту стратегию, исследователю необходимо воспроизвести изучаемую ситуацию в эксперименте, накопить достоверный статистический материал о закономерностях и причинно-следственных связях в развитии адаптационных перестроек, опробовать различные подходы к управлению состоянием в этих условиях и многократно убедиться в эффективности профилактических воздействий. Путь к этому лежит через моделирование невесомости в наземных условиях.

Медицинская информация, получаемая при проведении исследований в реальных космических полетах и при использовании методов лабораторной имитации невесомости особенно важна в связи с тем, что на ее основе можно не только давать текущую оценку состояния организма, но и формировать прогноз об ожидаемых изменениях, судить о механизмах адаптационных перестроек, определять наиболее перспективные

пути профилактики нарушений, обусловленных неблагоприятным действием невесомости.

Наиболее радикальной мерой предупреждения таких нарушений обычно считают введение искусственной гравитации на космических кораблях. В 1895 г. К. Э. Циолковский впервые предложил создание искусственной тяжести за счет вращения кабины космического корабля. Позднее американский ученый Н. Дейпи выдвинул проект, в соответствии с которым космический аппарат, находящийся на орбите, состоит из двух частей, соединенных кабелем, и с помощью вспомогательных ракетных двигателей создается закрутка этой системы вокруг общего центра масс. За счет большого радиуса вращения (100 м и более) желаемая величина радиального ускорения в обитаемых отсеках может достигаться при небольших угловых скоростях. Это исключит неприятные ощущения у космонавтов, связанные с кориолисовыми ускорениями. Тем не менее возможные побочные эффекты длительного пребывания в постоянно вращающейся системе и технические сложности вынуждают в настоящее время искать более простые способы профилактики.

Хорошо обосновано и практически осуществимо воздействие на первичные, пусковые эффекты невесомости: отсутствие гидростатического давления крови и устранение весовой нагрузки на костно-мышечный аппарат. Профилактические воздействия можно направить и на более низкие уровни патогенетической цепи. В практике медицинского обеспечения длительных космических полетов к настоящему времени успешно испытаны тренажеры и приспособления для ежедневных физических упражнений («бегущая дорожка», велоэргометр, эспандеры), костюмы, имитирующие действие веса относительно продольной оси тела, установки для декомпрессии нижней половины тела, обеспечивающие в невесомости такое же распределение крови, как в вертикальной позе на Земле, водно-солевые добавки к пище, назначаемые в конце полета для восстановления гидратации организма. Но, как это ни странно для непосвященного читателя, на фоне напряженного, насыщенного техническими терминами радиобмена на последних витках полета в эфир передается простое слово «соль». Соль способствует задержке в организме воды, что помогает организму приспособиться к переходу в условия земного притяжения.

После возвращения на Землю применяются также послеполетные профилактические костюмы, препятствующие депонированию крови в ногах и развитию ортостатических нарушений. В лабораторных исследованиях с имитацией невесомости, а частично и при пилотируемых полетах изучалась эффективность электромиостимуляции, дыхания под избыточным давлением, создания препятствия венозному оттоку из конечностей с помощью надувных манжет (окклюзионная тренировка), воздействия перегрузок направления голова—таз на центрифугах с коротким радиусом, ряда фармакологических и гормональных препаратов. По мере совершенствования часть этих методов и средств войдет в комплексную профилактику неблагоприятного влияния невесомости на организм человека.

В общей системе защитных мер должно также найти применение повышение неспецифической резистентности организма и устранение дополнительных причин его астенизации. Поскольку дискомфортные ощущения вестибулярного происхождения или связанные с неблагоприятной температурой, сильным шумом, посторонними запахами и другими причинами усугубляют вредное воздействие невесомости, предполетный отбор и улучшение гигиенических характеристик среды обитания могут косвенно повысить переносимость невесомости. Важное значение в профилактике астенизации принадлежит также достаточному водопотреблению и полноценному питанию. Здесь важны не только состав, энергетическая ценность, минеральная и витаминная насыщенность, но и вкусовые качества пищи.

Напряженная и высокоответственная профессиональная деятельность может привести к сильному утомлению, в связи с чем необходимо обеспечивать космонавтам надлежащие условия для отдыха и особенно сна. Его продолжительность в полете фактически составляет иногда лишь 5—6 ч в сутки. Чрезвычайно важной представляется проблема рационального чередования труда и отдыха.

Повысить неспецифическую сопротивляемость организма действию невесомости можно также путем закаливания, психосоматической регуляции функций, психологической поддержки. Рассматривается также целесообразность периодических тренировочных воздействий умеренной гипоксии. Такие воздействия по своему замыслу соответствовали бы изложенной выше

концепции динамической среды обитания в космическом полете.

Способы смягчения неблагоприятных реакций в неадаптированном к невесомости состоянии еще недостаточно разработаны, но, по-видимому, специальный отбор, предполетные вестибулярные тренировки и тренировки к антиортостатическому положению являются эффективными. Так, несколько ночей перед стартом космонавты снят на постели, имеющей наклон в сторону изголовья.

Разработка мер профилактики неблагоприятного влияния невесомости на организм человека стала одной из важных предпосылок поступательного развития космонавтики и увеличения длительности пилотируемых космических полетов. Но существует и другая, не менее актуальная сфера приложения результатов тех многочисленных исследований, которые первоначально были подчинены практическим потребностям космонавтики. Так, опыт космической медицины по борьбе с гиподинамией успешно находит вполне земное применение.

Гиподинамия по праву считается «болезнью века». Хотя в строгом смысле этого слова она сама и не является болезнью, однако снижение двигательной активности неминуемо сопровождается самыми неблагоприятными последствиями для организма: от общего снижения жизненного тонуса до серьезных сердечно-сосудистых заболеваний. В связи с массовым распространением профессий операторского профиля трудовой процесс все большей части земного населения происходит под знаком гиподинамии. Это обстоятельство является одним из примеров нежелательных последствий научно-технической революции.

Но, как уже неоднократно подчеркивалось, космические исследования характеризуются в этом отношении мощным «корректирующим» потенциалом. Именно благодаря космическим исследованиям возникают и развиваются многие принципы, методы и средства, способные смягчить или даже полностью нейтрализовать отрицательные побочные плоды научно-технического прогресса. Такие средства, созданные и отработанные для пилотируемых космических полетов, являются как бы «живой водой» для человека эпохи НТР, ибо в век атома, кибернетики и космоса сохраняются простые и жизненно важные человеческие ценности, в том числе

радость физического напряжения, красота здорового тренированного тела.

Практика пилотируемых космических полетов обогатила опыт, накопленный в таких областях знаний, как физиология спорта, спортивная медицина, оздоровительная и лечебная физкультура; этот опыт красноречиво свидетельствует о многосторонних благоприятных эффектах физических упражнений, в особенности если они строятся на соответствующей методической основе и организованы в планомерный тренировочный процесс.

Восполнение дефицита весовой нагрузки на костно-мышечный аппарат в условиях невесомости за счет других нагрузочных воздействий относится к числу весьма перспективных направлений в разработке профилактических мероприятий. И хотя применение таких воздействий влечет за собой потребность в дополнительных запасах кислорода, пищи и электроэнергии на борту космического корабля, что с чисто технической точки зрения является не вполне оптимальным, медицинские аргументы в пользу внедрения этого направления профилактики достаточно убедительны.

В ситуации, когда недостаточность мышечной нагрузки является причиной возникновения неблагоприятных сдвигов в состоянии организма, применение средств и методов физической тренировки представляется не только оправданным, но и необходимым. Введение дозированного объема физических упражнений в исследованиях с контролируемым ограничением двигательной активности, ее пространственных и силовых компонентов способствовало нормализации ряда проявлений гиподинамического синдрома. Менее выраженными в этом случае были изменения со стороны газообмена, азотистого обмена, сердечно-сосудистой системы, нервно-психических функций и иммунно-биологической реактивности. Положительное влияние физическая тренировка оказывала также на состояние костно-мышечного аппарата, физической работоспособности и двигательной координации, а также на переносимость перегрузки. Относительно меньшие эффекты достигались с помощью физической тренировки в деле профилактики изменений водно-солевого обмена и ортостатических расстройств, хотя в некоторых исследованиях и здесь были получены определенные положительные результаты.

Разумеется, при оценке результатов, которых можно добиться с помощью физической тренировки, необходимо учитывать, насколько оптимальным был выбор объема нагрузок, тренировочных схем, характера и структуры упражнений, используемых тренировочных средств. По мнению ряда авторов, определенные преимущества имеют те виды тренировки, которые включают инерционно-ударные воздействия в направлении продольной оси тела (имитация прыжков в горизонтальном положении с использованием амортизаторов и твердой опоры для ног или возвратно-поступательные движения кровати между двумя «трамплинами»). Считается, что стимуляция сосудов в процессе выполнения этих упражнений, а также воздействие вибраций при постельном режиме могут поддерживать способность кровеносных сосудов компенсировать надлежащим образом уменьшение гидростатических сил при пониженной силе тяжести.

Большое значение придается также упражнениям для нижних конечностей, поскольку эти упражнения могут уменьшить тенденцию к застою венозной крови при вертикальной позе за счет поддержания тонуса, силы и массы мышц, а возможно, и способности сосудосуживающих механизмов реагировать на внутрисосудистые гидростатические силы, обусловленные гравитацией. В исследовании с двухмесячным применением постельного режима и использованием различных типов упражнений исследователи отдали предпочтение изотоническим отягощенным упражнениям перед изометрическими. С другой стороны, изометрические упражнения также способны уменьшить мышечную атрофию. С их помощью обеспечивалось изменение сенсорной и моторно-мышечной стимуляции центральной нервной системы и достигалась нормализация психических функций.

Рекомендации по необходимому объему физической нагрузки колеблются достаточно широко, вплоть до труднореализуемых величин — в 1000—1300 ккал/сут, хотя и значительно меньшие нагрузки давали вполне удовлетворительный результат. Наиболее часто используемыми при исследованиях средствами физической тренировки являются пружинные или резиновые эспандеры, велоэргометры, тренажеры типа «бегущая дорожка» и нагрузочные костюмы, создающие за счет резиновых тяг осевую статическую нагрузку на тело.

Достаточно очевидно, что относительно лучшие результаты могут быть достигнуты применением таких средств и методов физической тренировки, которые обеспечивали бы преимущественную загрузку «антигравитационной» мускулатуры, по могли бы гармонично воздействовать и на другие мышечные группы. Весьма желательной является также возможность поддержания таких важных двигательных навыков в состоянии невесомости или в условиях, которые ее имитируют, как ходьба и бег. В ряде наземных исследований были испытаны тренажеры, представляющие собой вертикально расположенную «бегущую дорожку», к которой испытуемый, находящийся в горизонтальном положении, подтягивается с помощью резиновых амортизаторов. Такой тренажер воспроизводит постоянную статическую нагрузку в направлении продольной оси тела и позволяет как в условиях, моделирующих невесомость, так и в невесомости выполнять разнообразные упражнения: ходьбу, бег, прыжки, приседания, поднятие «тяжестей». После успешных наземных испытаний тренажер «бегущая дорожка» был включен в состав бортового оборудования всех орбитальных станций «Салют».

Опыт применения средств физической тренировки в условиях космических полетов уже не оставляет сомнений в целесообразности их дальнейшего использования в состоянии невесомости. Менее ясен вопрос о характере, интенсивности и даже необходимости усиленной физической тренировки космонавтов в предполетном периоде. Суждения по этому вопросу зачастую были противоречивы. Чисто теоретически можно было прийти к мысли, что физически менее тренированный организм при прочих равных условиях (пол, возраст и т. д.) лучше адаптирован к дефициту мышечной активности, чем высокотренированный.

Известно, что резкое прекращение тренировки у высокотренированных спортсменов само по себе приводит к нарушениям обмена веществ, функций нервной, сердечно-сосудистой и других систем. Подобные описания применительно к космическим полетам, по мнению некоторых авторов, несостоятельны. Направленная физическая тренировка и подготовка к условиям невесомости считается необходимой, при этом особое значение придается общей выносливости как фактору, повышающему устойчивость организма к длительной гиподинамии. Имеются сообщения о том, что спортсмены лучше

переносят гиподинамию по сравнению с нетренированными людьми и восстановление исходного состояния протекает у них относительно быстрее. В исследованиях с водной иммерсией были обнаружены сдерживание диуретической реакции и более высокая устойчивость у спортсменов по сравнению с нетренированными людьми. Однако изменения белков и электролитов крови были одинаковыми у этих групп испытуемых. Предполагается, что рефлекс, регулирующий объем жидкости, у спортсменов лучше адаптирован к изменениям объема крови, поскольку выполнение физических упражнений часто сопровождается такими изменениями.

Среди разноречивых сведений о роли исходного состояния в переносимости стрессовых воздействий можно найти упоминания о том, что предварительная физическая тренировка не создает каких-либо преимуществ для переносимости гравитационных нагрузок (ускорений и ортостатических проб), хотя по другим данным спортсмены лучше переносят эти воздействия по сравнению с нетренированными лицами. В «растренированном» состоянии и, в частности, после исследований с длительным постельным режимом изменения ортостатической устойчивости у спортсменов имели ту же направленность и выраженность, что и у нетренированных лиц, хотя характер и уровень физической тренированности определенным образом сказываются на переносимости гиподинамии. Считается, что сочетание физических упражнений с ортостатической тренировкой достаточно хорошо подготавливает организм к условиям гиподинамии. С другой стороны, предварительно тренированные крысы показали более высокую устойчивость к гиподинамии лишь в начальный период эксперимента, в то время как при более длительных сроках изменения мышечных и моторных волокон стали у них более выраженными, чем у нетренированных животных. Этот и ему подобные опыты послужили основанием некоторым зарубежным исследователям задаться вопросом: «Нужна ли космонавтам спортивная выносливость?»

Таким образом, вопрос об определении оптимального уровня физической тренированности в предполетном периоде, по-видимому, все еще ждет своего теоретического и экспериментального обоснования. Вместе с тем на практике в процессе предполетной подготовки космонавтов эти вопросы решаются уже достаточно определенно: космонавты перед полетом должны обладать хорошей

общей физической подготовкой. В процессе полета схемы физической тренировки иногда приходится корректировать с учетом того, что физическое состояние экипажа все-таки изменяется по сравнению с предполетным уровнем. Эта мера необходима, поскольку в практике длительных наземных исследований возникали ситуации, при которых объем нагрузки, вполне удовлетворительный в начальной стадии гиподинамии, становился избыточным в более поздние сроки и приводил к развитию признаков перетренированности.

Специалисты считают, что принципом физической тренировки в условиях космического полета должны стать непрерывность (систематичность) тренировочных занятий на протяжении всего полета, цикличность (повторяемость микроциклов); разносторонность воздействий в микроцикле и преимущественная направленность нагрузок в отдельных занятиях, вариативность нагрузки и чередование тренировочных средств, постепенность повышения нагрузки в микроцикле.

При полетах на всех отечественных станциях «Салют» тренировочные занятия космонавтов строились на базе цикла из трех нагрузочных дней и одного дня активного отдыха (цикл 3+1). Упражнения каждого дня были преимущественно направлены на решение определенных задач.

1-й день — сохранение скоростно-силовых качеств и ортостатической устойчивости; объем нагрузки малый, интенсивность субмаксимальная и максимальная, энергетическая «стоимость» 380—420 ккал (1591—1758 кДж).

2-й день — поддержание силовой выносливости и сохранение ортостатической устойчивости; объем нагрузки средний, интенсивность средняя, энергетическая «стоимость» 450—500 ккал (1884—2093 кДж).

3-й день — поддержание общей выносливости и сохранение ортостатической устойчивости, общей координации движений; объем нагрузки большой, интенсивность малая, энергетическая «стоимость» 550—600 ккал (2303—2512 кДж).

4-й день — активный отдых, выполнение функциональных проб; объем нагрузки малый, интенсивность по желанию занимающихся, энергетическая «стоимость» около 150 ккал (628 кДж).

По данным проведенного анализа, в длительных полетах время «чистой» работы на велоэргометре ежеднев-

по составляло 30—40 мин, на комплексном тренажере («бегущая дорожка») — 40—50 мин. Для обеспечения такой продолжительности «чистого» времени (исчисляемого, как при игре в хоккей) планировалось, как правило, два занятия в день по 1 ч 10 мин в каждом, включая время на подготовку к занятиям, их окончание и выполнение гигиенических процедур. Кроме того, в промежутках между сеансами физической тренировки, т. е. в часы профессиональной работы, каждый член экипажа использовал тренировочно-нагрузочный костюм длительного ношения («Пингвин» и др.).

Опыт полетов показал, что эффективность физической тренировки определяется ее комплексностью и разносторонностью воздействия на организм. В условиях длительной невесомости это поддерживает функциональные возможности различных систем организма и сохраняет сложную интеграцию физиологических механизмов, обуславливающих тонкую и точную координацию двигательных и вегетативных функций, необходимых в условиях земной гравитации.

Значительное увеличение продолжительности пребывания человека на космических орбитах, достигнутое за последние годы, внушает оптимизм и позволяет надеяться, казалось бы, на дальнейшее парализование сроков полетов. Видимо, такое парализование не заставит себя долго ждать. Есть основания полагать, что начало XXI в. ознаменуется выходом человека на рубеж длительности полета в космосе, позволяющей выполнять межпланетные путешествия, т. е. 2—3 года.

При таком стремительном восхождении по космическим ступеням — от 108 мин полета Ю. А. Гагарина к многолетней работе в космосе больших коллективов землян — небезынтересно отметить любопытную и довольно свойственную развитию человеческих знаний особенность. Она заключается в следующем: темпы накопления точных научных знаний о механизмах, природе тех или иных сдвигов (мы говорим прежде всего о физиологических сдвигах) стали отставать от темпов развития космонавтики, от увеличения продолжительности пребывания человека в космосе, усложнения и расширения сфер его деятельности. Возможности управления состоянием человека в этих условиях уже не в полной мере могут нас удовлетворить. Конечно, «запас прочности» в космической медицине не исчерпан. Он опирается, в частности, на уверенность в достаточной

надежности уже сложившейся системы медицинского контроля за состоянием космонавтов в полете.

Система медицинского контроля и общения с каждым экипажем на протяжении полета создает возможность предугадать ухудшение ситуации, развитие неблагоприятных тенденций в состоянии здоровья, чтобы, если в этом возникнет необходимость, прекратить полет и оказать космонавту помощь в условиях земного стационара¹.

Независимо от того, что мы не каждый раз точно знаем все нюансы или характеристики физиологических процессов, которые происходят в полете, накопленный опыт часто бывает достаточен для уверенности в благополучном с точки зрения медицины исходе полета. Например, хотя мы еще не научились удовлетворительно бороться с проявлениями космической формы болезни движения (вестибуло-вегетативными расстройствами, тошнотой и даже рвотой), имеющийся опыт подсказывает, что такие эффекты проходят через несколько дней, не оставляя после себя каких-то неприятных последствий. Общий итог, заключающийся в том, что болезнь движения не угрожает жизни космонавтов, позволяет давать «добро» на новые и новые старты — хотя полной теоретической ясности в отношении болезни движения пока нет.

Конечно, некоторые простые (с точки зрения жителей XXI в.) вещи мы делать научились. Космическая медицина успешно противодействует эффектам невесомости, основанным на рефлексе Генри—Гауэра; решаются проблемы (и об этом много было сказано), связанные с гиодинамикой, гипокинезией, атрофией мышечной системы. Начинает кое-что проясняться по поводу возможностей поддержания нормального электролитного баланса, соответствующего тем или иным этапам полета или реадаптации. За годы, истекшие со времени первых орбитальных путешествий, немалый прогресс достигнут и в той части, которая касается практических процедур обеспечения полета космонавтов, сохранения необходимого уровня их функционирования и предупреждения их заболеваний (на чем в значительной степени и зиждется безопасность полета).

¹ Так, например, второй этап четвертой основной экспедиции на орбитальном комплексе «Салют-7» — «Союз-Т» был прерван в связи с заболеванием космонавта В. В. Васюткина (Правда. 1985. 24 нояб.).

Следовательно, наше движение в космическое завтра происходит в обстановке более или менее удовлетворительного овладения практическими процедурами, обеспечивающими освоение человеком космоса, но вместе с тем — на фоне явного недостатка точных научных знаний, способных стать основой в решении многих сложных проблем, гарантирующих полную безопасность человека в космическом полете.

Космическая среда, как уже говорилось, сама по себе несовместима с жизнью, однако человек создал искусственную среду — герметическую кабину, системы регенерации, освещения, обеспечения кислородом, пищей, водой и т. д. При этом на долю человека выпадает необходимость приспособления к новой психоэкологической (если можно так выразиться) среде обитания и к изменениям гравитационного поля. У многих исследователей, задумывающихся сегодня о будущем человечества, складывается впечатление, что человек сможет в принципе приспособиться и к тому, и к другому. Каждый шаг на этом пути приближает нас к моменту, когда земной биологический вид *Homo sapiens* станет уже не только земным видом. Человек Земли станет Человеком Космоса.

Инженерно-психологические и эргономические проблемы полетов в космос. Характеристика значимых в социально-психологическом отношении особенностей жизни и деятельности в условиях космического полета; влияние этих особенностей на здоровье и работоспособность человека. Анализ противоречий между растущими возможностями техники и неизменностью биологической природы человека. Нестабильность свойств человеческого организма в полете — причина нестабильности свойств системы человек — космический корабль. Пути оптимизации системы за счет более полного учета социально-психологических, интеллектуальных потребностей человека, инженерно-психологических требований к космической технике и совершенствования эргономических свойств системы в целом. Оценка риска и повышение безопасности космических полетов человека

Основная задача космической медицины состоит в обеспечении эффективности и безопасности космических полетов человека. Интересы космической биологии пересекаются с новой, быстро развивающейся областью — эргономикой, наукой, занимающейся проблемами оптимизации взаимоотношений человека со сре-

дой обитания и техническими системами в процессе трудовой деятельности. Известно, что производительность труда даже в простейших операциях в равной мере зависит от профессиональной квалификации и психофизиологических возможностей конкретного человека, от характера рабочего оборудования, инструмента или других технических агрегатов, являющихся объектами профессиональной деятельности, а также от внешних условий трудового процесса. Если хотя бы один из этих элементов неоптимален, т. е. не согласуется с наиболее выгодными условиями функционирования других элементов единой системы человек—машина—среда, то ее эффективность может оказаться существенно ниже расчетной. Например, понятно, что неквалифицированный рабочий не сможет добиться высоких показателей при эксплуатации сложной техники. Агрегаты, сконструированные без учета антропометрических характеристик и психофизиологических возможностей человека, не смогут быть успешно использованы. Неблагоприятные внешние условия труда становятся помехой нормальному функционированию как человека, так и техники. Все эти положения сами по себе достаточно очевидны и вытекают из предшествующего опыта развития частных наук, сферы материального производства и цивилизации в целом. Достоинства эргономического подхода к проблеме состоят в том, что он направлен на увеличение эффективности системы человек—машина—среда за счет поисков наиболее выгодного, или оптимального, взаимодействия множества факторов, характеризующих каждое звено этой системы.

Особенно большое значение приобретает эргономический подход к сложным комплексным разработкам, таким, как создание и эксплуатация пилотируемых космических летательных аппаратов. Многообразие частных задач, решаемых в процессе этих разработок, содержит в себе предпосылки к тому, что оптимальная взаимосвязь между техникой, средой и человеком достигается не сразу. Выдающиеся успехи, которыми отмечен 25-летний путь пилотируемой космонавтики, были связаны и с преодолением ряда трудностей, недостатков и неудач. Какими бы ни были конкретные причины этих неудач: ошибки проектирования (кислородная атмосфера как причина пожара на космическом корабле «Аполлон»), технические неисправности (ава-

рии на кораблях «Аполлон-13», «Союз-1» и «Союз-11»), ошибки экипажа (отравление американского экипажа ЭНАС) — их можно рассматривать как несоответствие эргономических характеристик системы требованиям эффективности и безопасности. Планировать длительные полеты и добиваться тем самым более высоких эргономических характеристик системы в целом по критериям эффективности и безопасности было бы невозможно и без успешного преодоления «барьеров» адаптации организма человека к невесомости и реадаптации его к наземным условиям. Эргономический подход к таким сложным комплексным проблемам, какой является освоение человеком космического пространства, оправдан и с чисто экономической точки зрения, поскольку способствует повышению их рентабельности.

Обеспечение эффективности и безопасности пилотируемых космических полетов определяется взаимодействием по крайней мере четырех наиболее важных факторов.

1. Технические характеристики, возможности и надежность космического летательного аппарата, олицетворяющего собой, пользуясь языком эргономики, объект профессиональной деятельности экипажа и отчасти среду обитания. В более широком плане среда формируется также особенностями динамики полета, факторами космического пространства, взаимоотношениями членов экипажа между собой и с центром управления полетом.

2. Здоровье и профессиональные качества космонавтов, включенных в замкнутую и взаимозависимую связь со средой обитания и технические конструкции корабля.

3. Программа полета, выступающая в роли объективного внешнего фактора, регламентирующего характер взаимосвязей в системе человек—машина—среда и поэтому могущего стать как средством их оптимизации, так и причиной нарушения оптимальности системы.

4. Организация управления полетом, которая может рассматриваться в качестве звена, контролирующего оптимальность системы и обеспечивающего посредством обратной связи ее корректировку.

Область профессиональных интересов космической медицины, по существу, распространяется на все упомянутые факторы, поскольку каждый из них так или иначе связан с обеспечением нормальной жизнедеятельности, полноценной работоспособности и сохране-

нием здоровья космонавтов на всех этапах космического полета и послеполетного периода.

Пилотируемые космические системы разрабатываются и предназначаются для функционирования в среде, которая по своим физическим характеристикам непригодна для жизни и деятельности. Это обстоятельство предъявляет специфические, а в некоторых отношениях и уникальные требования к эргономическим характеристикам таких систем. Одни из таких требований состоят в создании искусственной газовой среды, кондиционировании параметров микроклимата на борту космического летательного аппарата, обеспечения потребностей человека в пище и воде, а также необходимых бытовых удобств и условий для творческой профессиональной деятельности членов экипажа. Разработки, проводимые в этом направлении, по существу состоят в создании приемлемых в физиолого-гигиеническом и техническом отношении эквивалентов наземных условий существования человека. Аналогичные в принципе задачи решаются при разработке систем обеспечения жизнедеятельности экипажей подводных лодок или высотной авиации. И хотя применительно к космическим кораблям решение этих вопросов наталкивается на существенно большее количество чисто технических ограничений, такие ограничения не носят принципиального характера.

Иначе обстоит дело с проблемой воспроизведения в условиях космического полета эквивалента земного тяготения, являющегося постоянно действующим фактором среды обитания человека на Земле и прочно закрепившегося в ходе длительного эволюционного процесса в особенностях строения, функции, поведения каждого земного организма. Создание систем искусственной гравитации на космическом летательном аппарате, возможно, на определенном этапе развития космонавтики позволит обеспечить в космическом полете условия, полностью или почти идентичные наземным. Однако текущие потребности обеспечения космических полетов вынуждают считаться с тем, что на существующих космических кораблях среда принципиально отличается от земной отсутствием силы тяжести или, другими словами, состоянием невесомости. Для того чтобы в этих уникальных условиях система функционировала эффективно и отвечала бы своему назначению с точки зрения надежности и безопасности,

она должна соответствовать ряду специфических требований. В конструкции корабля и его систем, как известно, не могут применяться механизмы и физические явления, основанные на использовании силы тяжести.

Иначе говоря, приспособление техники к условиям функционирования ее в состоянии невесомости является одной из специфических проблем космической эргономики. Поскольку на пилотируемых космических летательных аппаратах техника функционирует во взаимодействии с человеком, она, кроме того, должна быть приспособлена и к его возможностям. Изменение механизма пространственного анализа, перестройка координации движений в невесомости, особенности биомеханики человека в безопорном пространстве требуют новых инженерно-психологических решений в оборудовании рабочих мест, оснащения их средствами фиксации и перемещения. Меняются также требования к приборному оборудованию, органам управления, рабочему инструментарию, компоновке интерьера. Однако даже при самом оптимальном решении технических проблем эффективность системы может существенно колебаться в зависимости от изменения функционального состояния человека. В связи с этим, казалось бы, чисто медицинская проблема сохранения здоровья, физического состояния и работоспособности человека в космическом полете с позиций эргономического подхода становится одним из ведущих направлений оптимизации системы в целом.

Основной причиной изменения функционального состояния организма космонавтов в полете несомненно является невесомость, хотя необходимо иметь в виду, что и такие факторы, как изоляция, неоптимально спланированная деятельность, гигиенические ограничения, психологическая напряженность, отклонения от нормативов отдельных параметров микроклимата, также могут способствовать ухудшению состояния космонавтов.

Человеческий организм «скопструирован» природой, и его невозможно «переконструировать» таким образом, чтобы невесомость стала для него безразличной, как это делается при решении технических проблем. Будущий самонастраивающийся системой, живой организм сам стремится приспособиться к функционированию в необычной среде, перейти на новый устойчивый уровень саморегуляции. Этот процесс, именуемый адапта-

цией, занимает определенное время на начальной фазе полета, и, до тех пор пока он не завершится, нельзя рассчитывать на очень высокие показатели работоспособности космонавтов.

Как уже говорилось, адаптация проявляется в нарушениях пространственной ориентировки, неприятных ощущениях, перестройке координации движений и ряде других физиологических сдвигов. Отсутствие веса означает снижение требований к большинству систем организма, в связи с чем развиваются изменения обмена веществ, возникает детренированность мышечной, сердечно-сосудистой систем и некоторые другие изменения. Иначе говоря, адаптация развивается за счет определенных издержек, которые уменьшают резервные возможности организма и затрудняют выполнение работ, связанных с интенсивными нагрузками. Благодаря этому создаются предпосылки для накопления утомления в процессе полета, что может потребовать корректировки полетной программы путем выделения дополнительного времени для отдыха, восстановления сил космонавтов или для специальных медицинских мероприятий. Поэтому чрезвычайно важными элементами в медицинском обеспечении полетов являются научный подход к планированию режима труда и отдыха космонавтов, постоянный контроль за текущими изменениями психофизиологических функций, прогнозирование ожидаемых реакций организма на повышенные нагрузки, а также управление меняющимся состоянием космонавтов.

Первая из этих четырех проблем, по существу, решается на основе научно обоснованного компромисса между желанием выполнить в процессе полета возможно большее количество прикладных задач и исследований, а с другой — медицинскими требованиями по сохранению здоровья и работоспособности космонавтов. Только эргономический подход, в основе которого лежит стремление оптимизировать систему по критериям эффективности и безопасности, может примирить эти две противоречивые тенденции.

Оптимально спланированным может считаться такой режим труда и отдыха, при котором мероприятия по профилактике утомления, восстановлению сил и сохранению здоровья космонавтов обеспечивали бы поддержание их высокой работоспособности на протяжении самого полета, а также необходимого уровня

активности в послеполетном периоде. За вычетом периодов сна, вся деятельность космонавтов в полете представляет собой, по существу, непрерывный трудовой процесс, в нем следует различать операции, обеспечивающие жизнедеятельность и сохранение здоровья (прием пищи, личная гигиена, физические и другие виды тренировок, личное время, используемое на самообслуживание и отдых) и собственно рабочие операции. В зависимости от продолжительности или конкретной стадии полета соотношения между двумя этими видами деятельности могут быть различными, но в длительных полетах, как показывает опыт, нецелесообразно планировать больший объем работ, чем это считается допустимым для наземных условий.

В решении других проблем медицинского обеспечения полетов приходится сталкиваться с уникальной для физиологии труда задачей: удержанием выведенного из состояния равновесия организма на уровне, обеспечивающем сохранение длительной работоспособности в полете и возможность безопасного возвращения космонавтов на Землю. Было бы ошибочно думать, что естественный процесс адаптации организма к невесомости, в ходе которого также может быть достигнуто относительное уравнивание между состоянием его внутренней среды и внешними условиями, удовлетворяет текущим требованиям профессиональной деятельности в полете и невыгоден лишь с точки зрения последующей реадaptации к наземным условиям. Явления физической и психической астенизации в этом случае могли бы достичь уровня, снижающего работоспособность человека в процессе самого полета, а не только после его завершения.

В связи с этим на советских и американских орбитальных станциях, рассчитанных на длительное пребывание экипажей в состоянии невесомости, обязательны комплекс средств профилактики неблагоприятного влияния невесомости, средств оказания медицинской помощи, а также аппаратура периодических и углубленных медицинских обследований. Последняя обеспечивает проведение текущего медицинского контроля за состоянием космонавтов и позволяет прогнозировать потенциально опасные сдвиги, могущие возникнуть при предъявлении к организму повышенных требований. Эта информация, а также результаты радиообмена и телевизионных наблюдений используются для корректи-

ровки программы полета, применения профилактических и лечебных средств, а в более широком плане — для управления состоянием космонавтов в интересах сохранения их здоровья и работоспособности.

Поскольку основной механизм адаптационных перестроек, возникающих у человека в условиях невесомости, связан с явлениями пеунотребления, атрофии от бездействия и детренированности, основная задача управления состоянием организма сводится к восполнению недостающих нагрузок. Если дополнительно пормируемые нагрузки включаются в комплекс постоянно действующих на человека факторов полета, новое уравнивание со средой происходит на уровне, который обеспечивает полноценную работоспособность космонавтов в полете и безопасное возвращение их на Землю.

Можно констатировать, что в настоящее время космическая физиология достигла такого уровня решения проблемы компенсации недостающих нагрузок, которое удовлетворяет текущим потребностям развития космонавтики. Разработанные средства и методы профилактики неблагоприятного влияния невесомости успешно испытаны при полетах орбитальных станций и явились существенным вкладом космической медицины в реализацию отечественных и интернациональных программ освоения человеком космического пространства.

Таким образом, совершенствование эргономических характеристик современных пилотируемых космических аппаратов находится в прямой зависимости от гармоничного решения широкого комплекса вопросов и тесно взаимосвязанных задач, важное место среди которых занимают проблемы, разрабатываемые космической медициной.

Научно-практическая деятельность все большего круга специалистов тесно связывается с участием в комплексных разработках сложных человеко-машинных систем, которые из первоначальной области своего применения — авиации и космонавтики — широко распространяются в другие области человеческой деятельности, в различные отрасли народного хозяйства. Поскольку создание таких систем является плодом коллективного творчества многих ведомств и учреждений, которые решают те или иные частные задачи, проявляются объективные предпосылки к тому, что система

в целом может оказаться неоптимальной из-за недостаточной согласованности ее элементов.

Вопросы оптимизации взаимосвязей в сложных комплексных системах, разумеется, не новы. Они давно являлись предметом частных наук — от авиационной и космической медицины и инженерной психологии до кибернетики и эргономики (Горбов, Корешков, 1963). Вместе с тем существует необходимость и более общего подхода к вопросам оптимизации, который позволил бы осмыслить сущность этого процесса, диалектические закономерности достижения оптимальности качеств системы, характер возникающих при этом противоречий и пути их преодоления.

Попытаемся, в частности, проанализировать философские аспекты в проблеме оптимизации системы человек—космический корабль—среда. Совершенно очевидно, что на данном историческом отрезке времени эта система переживает период бурного развития, для которого характерно движение от простого к сложному, перерастание количественных изменений в новое качество, постепенные и скачкообразные преобразования. Нет нужды иллюстрировать это выделением каких-либо этапов в развитии космонавтики или перечнем ее достижений. Основная тенденция такова: космическая техника совершенствуется, длительность полетов возрастает, возможности научного и прикладного использования космических аппаратов увеличиваются.

Процесс развития, разумеется, был связан с преодолением ряда объективных противоречий. Наиболее типичное из них — это противоречие между растущими возможностями техники и неизменностью биологической природы человека.

Если контроль состояния машины возможен с любой желаемой степенью детализации в форме объективных данных, критериев, сопоставляемых с нормативами, то применительно к человеку контроль возможен лишь на уровне некоторых систем, функций и субъективных реакций. Оценка работоспособности, сопоставление с нормативами затруднены, развит самоконтроль. Реакция на управляющие воздействия у машины стереотипна, воспроизводима, соответствует расчету, в то время как у человека она может меняться под воздействием объективных (изменение реактивности) или субъективных (установка, настроение, мобилизация, предубеждение) причин. Фундаментальные различия между возможно-

стями, свойствами и поведением машины и человека в экстремальных условиях являются важнейшей предпосылкой неоптимальности системы в целом. В связи с этим возникает объективная потребность оценить методологические подходы к оптимизации.

Оптимизация — это процесс развития от менее совершенного к более совершенному, от недостаточно согласованных и поэтому неустойчивых характеристик системы к достижению заданных и поэтому относительно устойчивых ее характеристик.

Коррепными вопросами оптимизации являются обнаружение внутренних противоречий, присущих системе и лежащих в основе ее неоптимальности, а также и определение путей преодоления этих противоречий. Ретроспективный анализ проблем, которые возникали в процессе развития отечественной и мировой космонавтики, даст основание выделить в качестве наиболее существенных три группы таких внутренних противоречий: 1) между техническими и медицинскими требованиями к конструкции космического летательного аппарата и его систем; 2) между прикладными и медицинскими требованиями к программе полета; 3) между возможностями эффективного управления состоянием техники и человека в условиях космического полета.

Разрешение этих противоречий на основе системного подхода может способствовать повышению оптимальности системы человек—космический корабль по критериям эффективности и безопасности.

Совершенно ясно, что присутствие человека на борту космического летательного аппарата требует увеличения выводимой на орбиту массы и существенно усложняет его конструкцию. Мера этого усложнения определяется компромиссом между желательным и допустимым, между медицинскими требованиями и возможностями их реализации в условиях габаритно-весовых и технологических ограничений, характерных для космической техники на том или ином уровне ее развития. Для технического подхода к разработке пилотируемых объектов характерно стремление избежать избыточности, т. е. ограничиться главным образом удовлетворением лишь самых необходимых, жизненно важных потребностей экипажа. Такие потребности обеспечиваются посредством бортовых систем поддержания газового состава атмосферы, терморегулирования, питания и водообеспечения, удаления отходов жизнедеятельности. Этот «прожи-

точный минимум» дополняется одеждой, средствами спасения экипажа при аварийных ситуациях и позволяет человеку выполнять определенный объем профессиональных функций, которые оправдывают его участие в полете.

Казалось бы, проблема решена максимально экономным путем, который учитывает и основные потребности человека и не содержит обременительной с технической точки зрения избыточности. Действительно, для малоразмерных объектов, рассчитанных на кратковременные полеты, указанный «прожиточный минимум» достаточен, поскольку человек способен в течение определенного времени переносить лишения без ущерба для своего здоровья. Однако обращает на себя внимание, что в условиях удовлетворения лишь жизненно важных потребностей человек ущемлен в достаточно разнообразных повседневных потребностях: свободе перемещения, полноценном отдыхе, комфорте, гигиенических удобствах, развлечениях, социальных контактах. Искусственная среда обитания является пока не полным эквивалентом наземных условий, а, учитывая невесомость, принципиально отличается от них. Таким образом, компромисс при обеспечении лишь «прожиточного минимума» достигается преимущественно за счет человека, за счет эксплуатации его внутренних резервов. Расчет делается на такие качества человека, как терпимость, выносливость, сознательное преодоление лишений. Учитывается возможность специальной предварительной подготовки к жизни в условиях существенных биологических и социальных ограничений.

Но ведь уже в силу этого обстоятельства внутренние резервы человека истощаются и исходные характеристики его организма меняются. Если же принять во внимание невесомость, то возникающие под ее влиянием адаптационные перестройки фактически приводят к потере ряда важных свойств и качеств. Атрофия мускулатуры, изменение энергетики и обмена веществ, явления детренированности, перестройка навыков — все это не остается в целостном организме на уровне изолированных процессов, а вовлекает в сферу своего влияния, по существу, все органы и системы. Общий вывод, который из этого вытекает, очевиден: свойства человеческого организма в космическом полете подвержены изменениям во времени, нестабильны в отличие от свойств техники, с которой он должен взаимодействовать.

Поскольку нестабильность свойств человека в длительном полете может стать причиной снижения эффективности системы человек—космический корабль, очевидно, что конструкция пилотируемого объекта должна предусматривать обеспечение не только «прожиточного минимума», но и удовлетворение потребностей, которые в кратковременном полете не относились к категории жизненно важных.

Медицинские требования в этом плане достаточно ясны. Однако они не всегда воспринимаются конструкторами с должным вниманием и часто служат поводом для дискуссий: а не избыточны ли, например, требования иметь на борту индивидуальные спальные места по типу кают, душевую установку, холодильник, телевизор, средства дезинфекции и т. д. Разумеется, в деле совершенствования санитарно-гигиенических и бытовых удобств, условий жизни и профессиональной деятельности экипажей существует определенный прогресс. Однако мнение о комфорте как избыточном требовании все еще относится к числу факторов, сдерживающих поступательное развитие пилотируемой космонавтики. По существу же, к комфорту следует относиться как к чрезвычайно практическому вопросу, способствующему при прочих равных условиях более полному и эффективному восстановлению сил экипажа, а тем самым и поддержанию стабильных характеристик человеко-машинной системы в целом. С этих же позиций следует относиться и к оснащению космических летательных аппаратов эффективными системами медицинского контроля и управления состоянием экипажа. Опыт космонавтики свидетельствует, что сама возможность длительных пилотируемых полетов в значительной мере определяется уровнем разработанности таких систем.

Таким образом, диалектический процесс преодоления противоречий между техническими и медицинскими требованиями к конструкции космических летательных аппаратов находит выражение в переходе от компромиссов «за счет человека» к компромиссам «в интересах человека» как наиболее уязвимого элемента системы. То обстоятельство, что этот процесс еще достаточно далек от завершения, характеризует на сегодняшний день систему человек—космический корабль—среда как все еще не вполне оптимальную и поэтому обладающую потенциями для последующего развития в плане оптимизации. Завершая анализ этого противоречия, необходимо, разу-

местся, подчеркнуть, что в основе медицинских требований к конструкции космических летательных аппаратов не должны преобладать самоцельные тенденции, т. е. стремление создать «курортные» условия любой ценой, в том числе за счет сужения возможностей прикладного использования объекта — корабля или станции. Системный подход дает основание рассматривать оптимизацию как процесс, в результате которого наилучшим образом согласуются возможности машины и человека. Прекрасный космический корабль, возможности которого не могут быть в полной мере реализованы экипажем, столь же неоптимален, как корабль, на котором экипаж, обеспеченный всем необходимым с точки зрения поддержания жизнедеятельности и работоспособности, не может продуктивно использовать свои возможности.

В интересах оптимизации системы человек—космический корабль необходимо преодолеть противоречие между прикладными и медицинскими требованиями к программе полета. Программа полета выступает в роли объективного внешнего фактора, регламентирующего характер взаимосвязей в этой системе и поэтому могущего стать как инструментом повышения оптимальности системы, так и причиной ее неоптимальности. Основное назначение программы состоит в определении объема, условий и порядка выполнения прикладных задач экипажем в полете. Поскольку реализация программы служит критерием эффективности пилотируемого полета, понятно стремление повысить эффективность путем максимально возможного увеличения объема работ. Такое стремление, однако, вступает в объективное противоречие с медицинскими ограничениями к нагрузке экипажа. Опыт обеспечения космических полетов показывает, что работа с чрезмерной нагрузкой часто не является самым лучшим способом реализации программы полета, недостаточно рентабельна и небезопасна.

В связи с этим особое значение приобретают мероприятия по регламентации режима труда и отдыха, по обеспечению условий для полноценного восстановления сил экипажа. Время, расходуемое космонавтами на выполнение работ, не должно превышать ресурса обычного рабочего времени, предусмотренного трудовым законодательством для представителей наземных профессий. Это вытекает из того, что, во-первых, работа космонавтов не легче, чем у специалистов на Земле, и, во-вторых, что

все операции по самообслуживанию — это, по существу, тоже работа. Однако требование ограничить объем работ рамками допустимых с медицинской точки зрения нормативов часто воспринимается как помеха для выполнения уникальных задач. Да и сами космонавты, будучи энтузиастами, допускают нарушения режима труда, что приводит к накоплению утомления и снижению эффективности системы. Противоречие между стремлением получить от экипажа максимальную отдачу и необходимостью длительного сохранения его работоспособности должно решаться на основе системного, эргономического подхода как важнейшей предпосылки оптимизации.

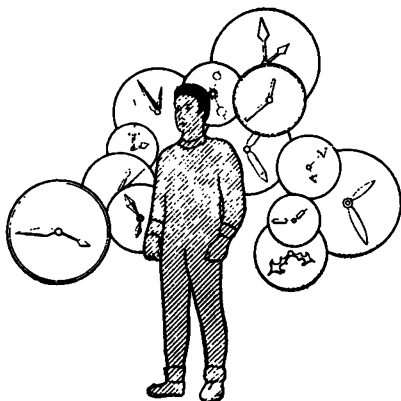
Вероятно, еще на этапе проектирования пилотируемого космического аппарата необходимо более четко анализировать соотношение между возможными и требуемыми трудозатратами на эксплуатацию его технических средств и тем самым исключать возникновение диспропорций в программе полета.

Важным источником оптимизации системы человек — космический корабль может служить разрешение противоречия между возможностями эффективного управления состоянием техники и человека в условиях космического полета. На протяжении первого десятилетия пилотируемой космонавтики эти возможности были в высшей степени неравноценны, что служило одним из препятствий к осуществлению длительных пилотируемых полетов. Различие этих возможностей вытекает из сопоставления частных характеристик машины и человека как объектов управления в космическом полете.

Эргономические исследования, направленные на достижение наиболее полного соответствия свойств и качеств человека и машины, в том числе и в космическом полете, имеют очень важный и всеобщий аспект — временной. Речь идет об учете человеческого фактора при составлении программ орбитальных и межпланетных полетов, о правильном и своевременном чередовании периодов работы, отдыха и сна. Научной основой для решения этих задач стала стремительно развивающаяся наука о временной организации живых систем — хронобиология. Ее раздел, изучающий феноменологию и механизмы биологических ритмов, носит название биоритмологии. Космические исследования придали этим наукам мощный импульс и вместе с тем привнесли в себя много позитивного из арсенала этих наук.

Рис. 17. «Биологические часы» [по: Уорд, 1974]

В организме человека, кроме четко выраженного цикла сон—бодрствование, выявлено свыше 300 функций, подверженных суточному ритму



Земную систему датчиков времени — событий, относительно которых человек обычно ведет отсчет часов в рамках суток, ту симфонию звуков, тепла, цвета и запахов, которая создается на Земле суточной ритмикой социальных и метеорологических явлений и живой природы, пока можно воспроизвести на борту орбитальных станций лишь частично. Поэтому в длительных полетах космонавтам нередко приходилось ощущать явления, связанные с нарушением циркадианных или околосуточных ритмов, особенно важных для нормальной жизнедеятельности.

Организм человека — это колебательная система, которая не может приспособиться к циклу сон—бодрствование с периодом, существенно отличным от 24 ч (рис. 17). Неоднократные экспериментальные попытки адаптации к 48- или 18-часовым суткам терпели неудачу. Использовали также режим, при котором от суток к суткам (их называют мигрирующими) систематически происходил сдвиг фазы цикла сон—бодрствование на 0,5—1 ч. Такой режим был, в частности, во время полета П. И. Климук и В. И. Севастьянова на станции «Салют-4».

«Главный бич для нас — сон! — писал В. И. Севастьянов по этому поводу. — И даже не сон, а режим дня! У нас просто дурацкий режим дня: каждые сутки он смещается на полчаса. Вот завтра я должен встать в 12 ч ночи по московскому времени. Не можем мы привыкнуть к этому распорядку и мучаемся. Он хорош для управления полетом и для работы с Землей, но для нас он никак не подходит. Надо будет на Земле как следует в этом разобраться» [1975, с. 26].

Исследования особенностей приспособления к мигрирующим суткам были проведены. Строгий медицинский и психофизиологический анализ показал, что «прокрустово ложе» укороченного 23,5-часового суточного цикла весьма неблагоприятно отражается на здоровье и работоспособности человека. Так, в 30- и 50-суточных экспериментах в макете станции «Салют» циркадианный ритм частоты сердечных сокращений у обследуемых, живших по графику мигрирующих суток, сохранял зависимость от московского времени. Это указывало на отсутствие временной адаптации к использованному режиму. Было также обнаружено, что величина среднесуточной частоты пульса зависела от величины сдвига фазы цикла сон—бодрствование. В этих экспериментах, как и во множестве других наблюдений, проявлениям общего неспецифического напряжения организма сопутствовал феномен рассогласования циркадианных ритмов, так называемый десинхроноз. В соответствии со взглядами, развиваемыми представителями космической биоритмологии Б. С. Алякринским, С. И. Степановой, десинхроноз является обязательным компонентом стрессового состояния [Макаров О., 1983]. Следовательно, циркадианная ритмика — надежный критерий общего функционального состояния организма, показатель степени соматического благополучия человека.

При научно обоснованном составлении режимов труда и отдыха космических экипажей ведущим выступает принцип ритма, причем ритма адекватного — соответствующего естественной эндогенной биологической ритмике человеческого организма. По этому принципу был построен режим экипажей орбитальных комплексов «Салют-6»—«Союз» и «Салют-7»—«Союз-Т». Космонавты тепло отзывались о таком режиме. Периоды сна и бодрствования соответствовали привычному земному времени. Особенно довольны были космонавты, испытывавшие неблагоприятное влияние мигрирующих суток в своих предыдущих полетах. Построение суток на основе 24-часового графика стало возможным благодаря прогрессу космической связи, обеспечившей практически круглосуточную радиовидимость орбитального комплекса.

Принцип ритма — главный, но отнюдь не единственный при формировании режима космических долгожителей. Не менее важна хорошая организация сна. Как

правило, периоды сна планируются длительностью 9 ч — с 23 до 8 ч московского времени.

Что обычно мешает заснуть в космосе? Шум вентиляторов и другой аппаратуры, тепловой режим в отсеках (в невесомости сдвигается зона теплового комфорта), эмоциональная напряженность. Экипажу «Аполлона-11» вскоре после высадки на Луну был предписан сон. Однако астронавты просили отменить его. За иллюминаторами раскинулся лунный ландшафт, и было, конечно, не до сна.

В длительных орбитальных полетах, выполненных в СССР на протяжении последнего десятилетия, правильной организации сна космонавтов придавалось особое значение. Сон (как правило, 7,5—8 ч) снимал рабочее утомление предшествующего дня, был освежающим, приносил бодрость. Чтобы не нарушить процесс засыпания, за 1,5—2 ч до отхода ко сну не намечалось никаких напряженных работ. Бывали и сновидения. Их сюжеты были обычны: родные, товарищи, работа. После некоторых периодов полета, отмеченных повышенной трудовой нагрузкой и эпизодами сокращения продолжительности сна (например, при взаимодействии с экипажами посещения), предоставлялась возможность отоспаться — как говорят специалисты, «продолжить сон до естественного пробуждения».

Вся профессиональная деятельность космонавтов условно делится на две категории: ежедневные операции (контроль систем станции, ее обслуживание, сеансы связи), которые занимают в среднем около 3 ч, и основная работа (научные, технологические эксперименты, медицинские исследования, наблюдения земной поверхности, атмосферных явлений и т. д.), продолжающаяся 5—6 ч. Для выполнения тех или иных операций в условиях невесомости требуется больше времени, чем на Земле. Особенно велик такой сдвиг в период «вживания» в невесомость.

Любой режим деятельности, если он не учитывает особенностей и запросов человека, как правило, не выполняется или не приносит удовольствия. Е. В. Хрунов вспоминал, что при планировании перехода космонавтов из «Союза-5» в «Союз-4» не продумали ситуацию встречи — радости, охватившей экипажи после успешной стыковки, и начали отсчет оперативного времени от момента механического захвата. Это привело к дефициту рабочего времени.

При формировании режима пужно оптимально чередовать умственный и физический труд. Менее интересные, однообразные операции должны сменяться эмоционально насыщенными этапами деятельности, требующими творческого подхода. У каждого из космонавтов, работавших на борту «Салюта-6» и «Салюта-7», были свои пристрастия — пункты программы, которые выполнялись с особой охотой. Так, Г. М. Гречко с удовольствием наблюдал серебристые облака, полярные сияния и с нетерпением ждал результатов обработки этих наблюдений. Зачастую он занимался наблюдениями и в личное время, даже жертвуя сном. Впрочем, в этом отношении Г. М. Гречко не составлял исключения.

Следующими элементами, из которых складывался режим космонавтов, были физические упражнения, прием пищи, туалет. Санитарно-гигиенические мероприятия отнимали ежедневно 30—40 мин.

Дефицит времени, который возникает иногда в полетах, имеет и положительные стороны. Он обладает несомненным мобилизующим влиянием на человека с сильным типом нервной системы, заставляет его повышать эффективность деятельности, устраниает субъективные «задержки» на пути к основной цели. Как считают некоторые исследователи, в будущих межпланетных полетах следует опасаться не недостатка, а избытка свободного времени. Можно предполагать, что в таких случаях в режим следует преднамеренно заложить известный дефицит времени. Однако степень его выраженности должна быть очень точно соизмерена с конкретной ситуацией и индивидуальным психофизиологическим состоянием космонавта.

В большинстве полетов орбитальных экспедиций рабочий цикл — неделя космонавтов — был семидневным: пять рабочих дней, за ними следовало два дня отдыха. Один из двух дней отдыха, преимущественно суббота, был отдан санитарно-гигиеническим мероприятиям, влажной уборке станции. Кстати, активность космонавтов по уборке, наведению порядка на станции, упорядочиванию интерьера оказалась добрым признаком, свидетельствующим о высокой работоспособности.

Немалую роль в правильной организации досуга экипажей сыграла специально созданная группа психологической поддержки. В отсеках орбитальных комплексов космонавты слышали голоса своих родных и

близких. Работал видеотелефон ЦУП—борт—ЦУП. Популярные артисты исполняли песни, «приходили в гости» известные журналисты и спортсмены. Надолго завладевали микрофоном друзья-космонавты. Можно было посмотреть и видеозаписи, например «Белое солнце пустыни» или какой-нибудь другой понравившийся фильм.

Режим труда и отдыха экипажей планируется в Центре управления полетом опытными специалистами: медиками, психологами, инженерами. Постоянно учитываются изменения в ходе выполнения полетных программ, в состоянии космонавтов, их пожелания. Планирование приобретает с каждым полетом все более гибкий и динамичный характер.

Режим, которому следуют космонавты орбитальных станций, позволяет им выполнять большую и насыщенную программу исследований и сохранять при этом в течение всего полета достаточно высокую работоспособность. Опыт организации жизни человека в необычных условиях существования может быть применен для повышения эффективности деятельности и увеличения производительности труда в самых различных сферах: в промышленности, сельском хозяйстве, на транспорте, в спорте и образовании.

История медицинской науки, отмечая в будущем веке события, связанные с бурным развитием хронобиологии в 60—80-х годах текущего столетия, несомненно обратит внимание на отчетливое стимулирующее влияние космонавтики, оказанное ею на пауку о биологических ритмах. Изменение биологических ритмов — всего лишь одна из особенностей жизни и деятельности в условиях космического полета. Таких особенностей, значимых в физиологическом и социально-психологическом отношениях, насчитывается немало. Однако на примере биоритмологии можно показать поистине чудодейственную силу космонавтики: все, что ею взято для нитурма Вселенной, сторицей возвращается землянам.

Широк размах хронобиологических исследований, и на каждом участке этого наступательного фронта ощущается идейный и практический потенциал космической биологии и медицины. Физиологи и клиницисты имеют теперь все основания утверждать: при организации режимов труда и отдыха необходим учет закономерностей биологической ритмики.

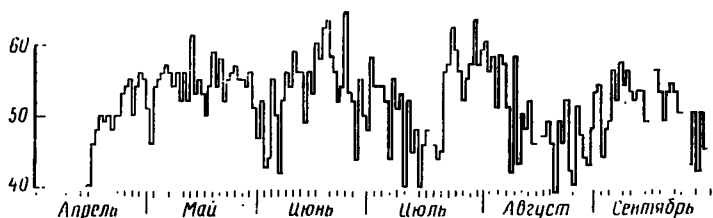


Рис. 18. Результаты одного из экспериментов, подтверждающего тот факт, что состояние организма изменяется со временем

Отчетливо прослеживается циклический волнообразный (подъем — спад) характер этих изменений. В данном примере исследовался среднесуточный уровень мышечной силы кисти (в кг). На спаде волны он составлял у некоторых обследуемых 40—45 кг, а на гребне этой волны достигал 65—70 кг, т. е. увеличивался примерно в 1,5 раза [Макаров В., 1986]

Все большее значение придается актуальной проблеме десинхроноза, впервые ставшей в центре внимания при подготовке длительных орбитальных полетов. Раскрываются причины рассогласования ритмов в организме, идет поиск средств лечения и диагностики. Профилактика десинхроноза стала важнейшим отравным пунктом при составлении режимов труда и отдыха летчиков, рабочих и других специалистов, занятых сменным трудом. Разработчики вахтовых режимов, принятых при нефтедобыче в Западной Сибири, также учитывали данные, полученные космическими биоритмологами.

Изучение многодневных колебаний состояния и работоспособности космонавтов позволило подвергнуть справедливой и обоснованной критике гипотезу так называемых критических дней (рис. 18). Длительность полетов стала такова, что они охватывают несколько сезонов года. В сезонной ритмике отчетливо проявляется основная закономерность приспособительного значения ритмов — периоды активности синхронизированы с наиболее благоприятными внешними условиями, а в неблагоприятные периоды вступают в действие защитные механизмы, ограждая организм от больших энерготрат и перенапряжений.

Ритмы живых существ тесно связаны с ритмами магнитного поля Земли, активности Солнца, космическими влияниями. В этой связи надо не упускать из

виду прогностические возможности гелиобиологии, основы которой заложил наш соотечественник А. Л. Чижевский. Вся биосфера Земли живет в ритме Солнца, и, по-видимому, этому же ритму будут подчиняться искусственные биосферы межпланетных кораблей и планетарных баз.

Геронтология также включила в свой арсенал биоритмологические концепции, оказавшиеся перспективными для объяснения механизмов старения. Установлено, что одна из причин долгожительства — проживание в условиях, способствующих стабильности основных ритмов организма. Как тут не вспомнить термин «космические долгожители», употребляемый применительно к космонавтам, совершившим длительные полеты; одной из важных предпосылок таких полетов был отлаженный суточный ритм.

Изучение и управление биологическими циклами приприсит успехи в спортивной деятельности. Что касается клинической медицины, то она обязана биоритмологии более правильной оценкой многих симптомов и более обоснованной постановкой диагнозов. Использование биоритмологических рекомендаций и всесторонний учет фактора времени, столь естественные для космической медицины, позволяют достичь наилучших результатов в лечении больных.

Таким образом, в поисках путей оптимизации системы человек—космический корабль возникает новое, более глубокое понимание потребностей человека, вытекающих из его биологической природы. Более полный учет биологических, социально-психологических, интеллектуальных особенностей человека формирует космические пилотируемые аппараты завтрашнего дня — совершенные инструменты освоения космоса. Это будут умные машины, чуткие и послушные своему создателю. Они окружают его комфортом и искусственной биосферой, предохраняют от смертельной космической среды. Они предоставят все условия, необходимые для труда высшей квалификации и максимальной производительности. Как ни одна машина, созданная ранее на Земле, космические аппараты будущего позволят раскрыться творческим возможностям и скрытым ресурсам человека-космонавта.

На гармоничное слияние людей и техники, достигнутое в космосе, будут равняться создатели земных — транспортных, энергетических, сельскохозяйственных,

информационных машин и производств. Такое равнение, признаки которого зримо выступают уже сейчас,— важная черта грядущего века.

Возможности управления состоянием человека в космическом полете. Управление как способ преодоления энтропийных тенденций, связанных с адаптацией организма к невесомости. Анализ особенностей человека как объекта управления. Замкнутые и разомкнутые схемы управления, их достоинства и ограничения применительно к условиям космического полета. Медицинские, физиолого-гигиенические, социально-психологические проблемы управления состоянием человека. Средства и методы применения управляющих воздействий в космическом полете и послеполетном периоде

Если исчислять возраст космической медицины со дня первого космического полета человека, то сейчас она вступает в период возмужания. На протяжении своего 25-летнего существования космическая медицина формировалась как наука, ориентированная на решение острых практических задач, ибо управлять — это значит владеть ситуацией, изменять ее в нужном направлении на основе понимания причинно-следственных связей, располагая при этом широким арсеналом управляющих воздействий. Управление — это воплощение знаний в осознанные практические действия. Именно это составляет сердцевину, суть и смысл любой научно-практической деятельности.

Следовательно, рассматривая актуальные вопросы управления состоянием космонавтов в полете, можно на примере одной из конкретных проблем авиакосмической медицины, как на модели, исследовать структуру, возможности и ограничения общемедицинского подхода к коррекции состояний при самых разнообразных экстремальных воздействиях.

Чтобы лучше уяснить истоки практической направленности разработок по проблемам космической медицины, необходимо подчеркнуть, что сама эта наука была рождена потребностями научно-технического прогресса и развивалась в непосредственном и постоянном взаимодействии с промышленностью. Лучшее всего к организации такого рода взаимодействия была подготовлена авиационная медицина, на базе которой развивалась ее дочерняя ветвь — медицина космическая.

В соответствии с бурными темпами создания ракетной техники новая наука должна была быстро и определенно ответить на множество необычных по новизне и сложности вопросов. Существует немало примеров того, как это делалось прежде и делается теперь. Один из них — решение комплекса проблем, связанных с управлением состоянием космонавтов в необычных условиях космического полета.

Совершенно уникальная особенность пилотируемого космического полета заключается в том, что состояние космонавтов в полете не остается постоянным, соответствующим исходным условиям, а неизбежно меняется под влиянием необычных характеристик среды обитания и социальных факторов. Такие изменения наблюдались на протяжении полетов длительностью до 237 суток. Но какие неожиданности скрываются, быть может, за новыми рубежами?

История космонавтики знает целый ряд периодов, когда на пути дальнейшего освоения человеком космического пространства вставали высокие и, казалось бы, труднопреодолимые барьеры. В 1961 г. переход к невесомости вызвал у совершенно здорового космонавта болезненное состояние, сходное с укачиванием. В 1966 г. после трехнедельного полета на спутнике «Космос-110» чуть живыми вернулись на Землю две собаки. В 1970 г. выяснилось, что встреча с Землей после 18-суточного пребывания в невесомости очень трудна и для человека. Так возник барьер реадаптации, и сама возможность более длительных полетов требовала дальнейших обоснований. В 1978 г. после трехмесячного полета в крови космонавта обнаружили атипичные формы эритроцитов, что наводило на мысль о появлении в невесомости новой генерации ненормальных форменных элементов. В последние годы в связи с осуществлением серии рекордных 7—8-месячных полетов появились представления о качественно новых изменениях в состоянии организма в послеполетном периоде, хотя с ними согласны далеко не все специалисты.

Космическая медицина постоянно сталкивается с необходимостью решения сложных проблем, связанных с необычностью воздействующих факторов, условий обитания и деятельности экипажей, сохранением их здоровья и работоспособности. Если реализацию планов полета человека в космос рассматривать как научный, организационный и человеческий подвиг, то и спе-

пиалпстов, работающих в области космической медицины, с полным правом можно считать причастными к нему.

По наиболее принципиальным вопросам обеспечения безопасности и эффективности пилотируемых космических полетов именно в нашей стране были получены обоснования, найдены решения, разработаны, испытаны и внедрены соответствующие методы и средства. Результаты этих разработок составляли основу систем жизнеобеспечения, медицинского контроля и управления состоянием космонавтов на орбитальных станциях, вплоть до «Салюта-7» и станций нового поколения «Мир».

Разумеется, разработка всей концепции управления состоянием космонавтов в полете начиналась с анализа причин возникающих изменений, с анализа дестабилизирующих факторов.

Человек — это продукт длительного эволюционного развития. Он приспособлен к жизни и работе в земных условиях. Вместе с тем человеку присуща способность приспосабливаться к достаточно суровым условиям и довольно широким изменениям внешней среды (адаптивность), повышать устойчивость к постепенно возрастающим нагрузкам (тренированность), утрачивать свойства, качества и функции, необходимость в которых не поддерживается условиями жизнедеятельности (атрофия, детренированность), а также заменять утраченные или недостаточные функции (компенсация, резервирование). Совокупность этих свойств человеческого организма определила, с одной стороны, необходимость обеспечения в космическом полете его основных, жизненных потребностей, а с другой — возможность пренебречь удовлетворением некоторых второстепенных, нежизненно важных потребностей в надежде на приспособительные свойства организма.

Это очень хорошо понимают разработчики космической техники. Борясь за эффективность системы человек—космический летательный аппарат, функционирующей в необычной среде, они стремятся использовать любые резервы. Человек с его способностью приспосабливаться к лишениям с инженерной точки зрения настолько зарезервирован, что может быть без большого ущерба для системы в целом несколько ограничен в своих потребностях. В иерархии приоритетов система оказывается выше человека. Поэтому чрезвычайно от-

ветственной в научно-практическом и правительственном отношении оказывается проблема определения таких пределов и потерь, ценой которых допустимо идти на компромиссы за счет человека.

Конечно, существует возможность избежать эти компромиссы за счет технических решений, но это требует дополнительных материальных затрат, увеличения веса и габарита космической техники. Но даже и это не самое главное. Технические ограничения сразу преодолеть также не удастся, в результате чего многие проблемы решаются все-таки за счет снижения комфортности условий для человека. Системный подход, безусловно, объединяет усилия медиков и инженеров в поисках наиболее верных решений, но, признавая, например, несомненные успехи в разработке систем обеспечения жизнедеятельности, необходимо все же учитывать, что искусственная среда обитания космических кораблей на сегодняшний день является далеко не полным эквивалентом земных условий.

Таким образом, человек в космическом полете лишен действия силы земного притяжения и ограничен в некоторых нежизненно важных потребностях. Его организм вынужден приспосабливаться к этим особенностям, в том числе и ценой утраты некоторых из своих свойств и качеств. Детренированность, атрофия «от бездействия», замещение утраченных функций, астенизация, снижение устойчивости к гравитационным и стрессовым воздействиям, к заболеваниям — вот самый общий перечень неблагоприятных последствий этого приспособления.

Состояние космонавтов в полете может меняться под воздействием не только физических факторов, но и условий, режима профессиональной деятельности, характера взаимоотношений, которые складываются между членами экипажа, а также между экипажем и специалистами центра управления полетом.

Ведь как и при других комплексных разработках, при создании космических летательных аппаратов решается некоторая сумма частных задач, в которые вовлекается широкая кооперация ведомств, учреждений, предприятий. Многообразие частных задач создает предпосылку к нарушению связей между составными элементами системы: человеком и техникой. Очевидно, создавать космический корабль, возможности которого не могут быть реализованы человеком или эффектив-

ность которого лимитируется недостаточной надежностью человека, бессмысленно.

В условиях длительного полета человек вправе рассчитывать на удовлетворение своих достаточно разнообразных потребностей, обусловленных его биологической и социальной природой. Помимо естественной потребности в полноценном отдыхе, сне, восстановлении моральных и физических сил, человек нуждается в определенном уровне комфорта, в смене впечатлений, в возможности удовлетворять свои интеллектуальные потребности, в проявлении творчества, общении с ближними и т. д. В конечном счете это формирует его пастроение, тонус, работоспособность. Поскольку, однако, возможности удовлетворения этих потребностей в полете все-таки ограничены, при определенных условиях и в особенности при повышенной рабочей нагрузке создаются дополнительные предпосылки к возникновению изменений со стороны здоровья и работоспособности космонавтов.

Проявления психологической несовместимости в условиях длительной изоляции и истощающего воздействия эмоциональных стрессов, возникновение напряженности во взаимоотношениях с группой управления также способны ухудшить функциональное состояние и работоспособность экипажа.

Вытекающая из перечисленных предпосылок нестабильность свойств человеческого организма в космическом полете является причиной нестабильности характеристик системы человек—машина в целом и ведет к снижению безопасности и эффективности пилотируемого полета.

Поскольку повысить надежность человека в полете путем изменения его биологической и социальной природы нельзя, это частично достигается мерами целенаправленного отбора, подготовки экипажа, предъявлением к нему ряда специфических требований. В исходном состоянии экипаж должен быть физически здоров, психологически устойчив, позитивно настроен, а также активно заинтересован в выполнении программы полета. Космонавты, входящие в состав экипажа, должны отвечать требованиям психологической совместимости, обладать знаниями и навыками по оказанию медицинской помощи, в осуществлении само- и взаимоконтроля, в выполнении запланированных профилактических мероприятий.

В полетах большой длительности экипаж должен уметь переносить тяготы одиночества и лишений, рассчитывать силы «на дистанции», не допускать накопления утомления, находить выход из разнообразных нештатных ситуаций.

Но посредством отбора и подготовки космонавтов проблема повышения надежности человека в космическом полете не может быть решена полностью. Опасность неблагоприятного воздействия на организм невосполнимости, физических факторов искусственной среды обитания, условий и режимов профессиональной деятельности, эмоциональных стрессов и десинхронизации сохраняется.

Поэтому с точки зрения обеспечения безопасности и эффективности полета представляется весьма важной сугубо специфичная для космонавтики медицинская проблема удержания выведенного из равновесия состояния организма в допустимых пределах. Это достигается мерами, направленными на управление состоянием космонавтов.

Управление — термин не медицинский. Он применяется в технике, специфичен для кибернетики — науки об управлении. В связи с этим целесообразно использовать ряд положений, развиваемых кибернетикой, в анализе сущности и тенденций развития медико-биологических подходов к управлению состоянием космонавтов в полете. Пребывание в необычных для земного организма условиях обитания, жизни и деятельности (отсутствие тяжести, пребывание в замкнутом пространстве ограниченного объема, сужение социальных контактов, изменения биоритмов и др.), если пользоваться терминологией, принятой в литературе по кибернетике, означает потерю или искажение чрезвычайно важной в биологическом и социальном отношении управляющей информации, накопление энтропии, снижение уровня организованности, упорядоченности системы.

Как уже указывалось выше, медицинским выражением этих общих понятий является развитие астенизации, снижение функциональных резервов организма космонавтов, понижение их устойчивости к стрессовым воздействиям, в том числе и к гравитационным нагрузкам. Совершенно очевидно, что объективной тенденции к снижению уровня организованности системы должна быть противопоставлена широко развитая программа

целенаправленных управляющих воздействий, которая обеспечила бы поддержание системы в состоянии, по возможности близком к оптимальному. Космическая медицина решает эту важнейшую задачу на целом ряде направлений.

Главнейшее из этих направлений состоит в применении управляющих воздействий непосредственно к космонавту. Это могут быть медицинские рекомендации, защитные профилактические мероприятия, лечебные процедуры. Тесно примыкают к этому меры по регулированию психологического климата, смягчению эмоционально-обусловленных реакций. В арсенале используемых для этого методов и средств выяснение причин эмоциональной напряженности и принятие мер к их устранению, организация активного отдыха, радиопереговоров, корректировка режима труда, нормализация суточного ритма, использование при необходимости методов аутогенной тренировки или психотропных веществ.

Искусственная среда обитания космических летательных аппаратов служит самостоятельным объектом контроля и управления. Поскольку направленные и контролируемые изменения среды призваны оказать нормализующее воздействие и на экипаж, правомочно говорить о среде как инструменте управления. В практике пилотируемых полетов часто возникает потребность в регулировании содержания углекислоты и других вредных примесей в атмосфере, температуры и запыленности воздуха. Перспективным управляющим воздействием в космическом полете может рассматриваться и тренировка к гипоксии, поскольку она повышает неспецифическую резистентность организма.

Таким образом, арсенал средств и методов, которые могут применяться в целях управления состоянием космонавтов в полете, широк и разнообразен, а умелое использование этого арсенала является составной и наиболее важной частью медицинского обеспечения полета.

Теперь обратимся к структурным характеристикам более строго формализованных систем управления техническими объектами. Существует два типа таких систем: замкнутые (основанные на обратной связи) и разомкнутые (основанные на реализации заложенной программы).

Для создания эффективных систем первого типа необходимо располагать: 1) достоверной информацией

о текущем состоянии управляемого объекта; 2) знанием допустимых пределов отклонения регулируемых параметров; 3) сведениями о причинах и механизмах возникающих перестроек; 4) критериями прогнозирования тенденций изменения состояния объекта; 5) набором точно дозированных и точно адресованных управляющих воздействий, средствами их реализации и контроля эффективности.

Однако в качестве объекта управления человек настолько отличается от любой, даже самой сложной машины, что это придает специфическую окраску всей системе управления.

В отличие от машины, которая может быть заранее приспособлена к космическому полету, чьи свойства заранее известны и стабильны, ресурс определен, а режим функционирования предписан, человек специально не приспособлен к полету, индивидуален, его свойства подвержены изменениям, ресурс неизвестен, а режим функционирования корректируется субъективно. Если контроль состояния машины возможен с любой желаемой степенью детализации в форме объективных данных, критериев, сопоставляемых с нормативами, то применительно к человеку контроль возможен лишь на уровне некоторых систем, функций и субъективных реакций. Оценка работоспособности, сопоставление с нормативами затруднены, развит самоконтроль. Реакция на управляющие воздействия у машин стереотипна, воспроизводима, соответствует расчету, в то время как у человека она может меняться под воздействием объективных (изменение реактивности) или субъективных (негативное отношение) факторов.

С позиций кибернетики человек может рассматриваться как система, поведение которой определяется внутренними законами развития и внешними управляющими воздействиями. Последние реализуются природой или социальной средой с помощью управляющих сигналов (команд или других способов передачи управляющей информации). Обладая разумом, свободой воли, собственным жизненным опытом и целями, человек может проявить незаинтересованность в том, чтобы быть объектом контроля или управления, может неоднозначно реагировать на внешние управляющие сигналы. И хотя система воспитания, обучения формирует у человека сознательность, исполнительность, дисциплинированность, реализация им управляющих

сигналов (команд, указаний или рекомендаций) в управляющее воздействие (выполнение тренировок, прием лекарств, отход ко сну) может корректироваться собственной точкой зрения, субъективными оценочными критериями или вообще заменяться механизмом самоуправления.

В силу этого обстоятельства и неизмеримо большей сложности человека как объекта управления по сравнению с машиной снижается надежность функционирования всех звеньев в цепи формирования, прохождения, реализации сигнала управления, а также не всегда ясна достоверность обратной информации о текущем состоянии управляемого объекта. Следовательно, управление состоянием человека в космическом полете, основанное на принципе замкнутого контура с обратной связью, не может быть признано универсальным и удовлетворяющим решению всех задач. В наибольшей степени оно уместно и эффективно (и это продемонстрировано в ряде конкретных ситуаций) при оказании лечебной помощи, т. е. в случае, особенно тесно объединяющем усилия и цели больного и врача. Однако распознавание и лечение заболеваний на расстоянии — посредством дистанционного контакта больного и врача — затруднены в силу иных обстоятельств. Достаточно сказать, что диагностика осуществляется в условиях дефицита медицинской информации, а медицинская помощь ограничивается назначением в основном лекарственных препаратов бортовой аптечки. Практически невозможно реализовать приемы медицинского ухода за больным, а также процедуры, манипуляции, инструментальные вмешательства и психотерапевтические воздействия, которые требуют непосредственного контакта врача и больного и которые играют столь важную роль в лечебном процессе. В этой связи возникает целый ряд вопросов, относящихся к сфере деонтологии и врачебной этики — о них в дальнейшем сказано особо.

Системы программного управления в обратной связи не нуждаются, поскольку в их основе лежит учет заранее установленных общих закономерностей и условий, обеспечивающих эффективное функционирование управляемого объекта. Программа управляющих воздействий преследует достижение четко сформулированной цели посредством регламентации характера, интенсивности и продолжительности воздействий

или параметров среды. Для обоснования оптимальных вариантов программы требуется предварительно провести широкий круг разнообразных испытаний, после чего такая программа становится пригодной к использованию во всем диапазоне испытанных ситуаций.

Опыт космической медицины убедительно показал огромное значение фактора времени в процессе управления состоянием человека. Одно и то же управляющее воздействие может оказать различный, подчас диаметрально противоположный эффект на разных стадиях адаптационного процесса или в различных фазах биологических ритмов организма космонавта.

Бортовые системы, обеспечивающие жизнедеятельность, формирующие среду обитания и регламентирующие профессиональную деятельность экипажа, функционируют преимущественно по программам, основанным на медицинских, физиолого-гигиенических и психофизиологических нормативах. Состояние, самочувствие и работоспособность экипажа в существенной мере зависят от того, достаточно ли правильными были расчеты, заложенные в программу, достаточно ли она универсальна и перекрывает ли варианты индивидуальных особенностей организма космонавтов.

Потребность в резервировании возможностей бортовых систем жизнеобеспечения также предусмотрена, но ограничена имеющимся уровнем развития космической техники. Это вносит в структуру программного управления элементы неоптимальности. К аналогичным последствиям приводит и ошибочность данных, заложенных в программу (недостаточные калорийность, разнообразие и вкусовые качества рационов питания; неоптимальность запланированных режимов труда и отдыха; несоответствие рабочих мест, спецнапряжения и мест отдыха меняющимся в полете антропометрическим характеристикам; наличие в атмосфере обитаемых отсеков застойных зон, не обеспечивающих равномерного кондиционирования микроклимата по всему объему). И хотя перечень таких примеров можно продолжить, программы, заложенные в основу характеристики и режима функционирования бортовых систем, в целом оказались адекватны задачам обеспечения жизнедеятельности, сохранения здоровья и поддержания работоспособности космонавтов в космических полетах.

Кроме того, существует резерв оптимизации систем программного управления, который состоит в уточ-

лении исходных данных для этих программ. Профилактика неблагоприятных последствий влияния невесомости на организм человека также основывается большей частью на реализации заранее сформулированной, технически обеспеченной и методически регламентированной программы, включающей комплекс средств и методов профилактики. Суть этой программы состоит в восполнении недостающих нагрузок в расчете на профилактику детренированности и связанных с нею функциональных и структурных утрат, а также на периодическую активизацию компенсаторных механизмов, обеспечивающих гомеостаз в наземных условиях. Нет смысла вдаваться в детали этой широко обсуждавшейся проблемы. Можно лишь сказать, что средства и методы, объединенные системой профилактических, т. е. управляющих, воздействий, были предложены на основе широких исследований патогенеза расстройств, обусловленных невесомостью, и многочисленных лабораторных испытаний. Это позволило создать комплекс патогенетически обоснованных воздействий, взаимно дополняющих друг друга. Режимы их применения должны были удовлетворять различным вариантам индивидуальных особенностей организма космонавтов, и по этой причине они не были индивидуализированы.

В настоящее время это представление переосмысливается специалистами и, возможно, в практику медицинского обеспечения космических полетов будут внедрены объективные критерии индивидуального нормирования профилактических воздействий. На пути познания индивидуальности каждого конкретного человека космическая медицина имеет реальные шансы добиться существенного прогресса, который не преминет широко распространиться в «земной» медицине и практическом здравоохранении.

Сугубо специфичной, имеющей выраженную направленность выглядит проблема управления состоянием экипажа в остром периоде адаптации к невесомости, а также при воздействии перегрузок на этапе завершения космического полета. От того, насколько эффективно могут быть решены эти проблемы, зависит работоспособность космонавтов, занятых ответственной операторской деятельностью в кратковременных полетах. Хотя сейчас преждевременно говорить о решении этих проблем, существуют все предпосылки к тому, что комплекс

мероприятий, проводимых в предполетном периоде, во время самого полета и на этапе спуска, поможет смягчить либо устранить неблагоприятные проявления острого периода адаптации к невесомости и обеспечить противоперегрузочную защиту.

Альтернативой концепции, которая рассматривает человека в полете в роли объекта контроля и управления со стороны наземных служб, может быть рассмотрена концепция самоуправления. Более того, организму человека как биологической системе присуща саморегуляция, приспособляемость, адаптивность, т. е. такие свойства, которые «автоматически» обеспечивают достижение равновесного состояния организма с меняющимися условиями внешней среды. За счет саморегуляции функциональное состояние организма в невесомости стабилизируется на уровне, соответствующем пониженным требованиям внешней среды. При этом частично теряются качества, необходимые для нормальной жизнедеятельности в наземных условиях, иными словами, накапливается энтропия, снижается упорядоченность системы. Так что и в данном случае профилактических воздействий не избежать. Но, возможно, сам человек способен морфировать для себя такие воздействия, способен понять, что для него в данный момент полезно, а что вредно. Если такое понимание основано не только на субъективных чувствах, внутренних убеждениях, а на глубоком знании теории вопроса и на практическом опыте, то концепция самоуправления может быть в принципе одобрена. Однако даже применительно к космонавту с широким медицинским и специальным образованием самоуправление состоянием будет всего лишь разновидностью самолечения, которое в серьезных случаях далеко не всегда себя оправдывает и в наземных условиях. Чаще всего оно оказывает лишь временный эффект, создает иллюзию выздоровления, которая служит поводом к прекращению лечения. Фактически же болезнь в условиях самолечения часто переходит в хроническую форму. Иначе говоря, субъективный контроль служит плохим советчиком, когда в лечебных или профилактических целях человеку приходится прибегать к некоторому насилию над собой.

Итак, управление состоянием космонавтов в полете сводится к решению весьма специфичной задачи: удержанию выведенного из равновесия состояния организ-

ма в допустимых пределах посредством совокупности прямых и косвенных мероприятий, проводимых под контролем обратной информации или в соответствии с заранее разработанной программой. Непосредственными объектами управляющих воздействий могут быть: сам космонавт, среда обитания, условия и режим профессиональной деятельности, сфера социальных потребностей, межличностных взаимоотношений. Вместе с тем обеспечение работоспособности и сохранение здоровья космонавтов на всех этапах полета может быть обеспечено лишь на основе комплексного подхода, который включает создание на борту космического летательного аппарата условий для нормальной жизнедеятельности и выполнения профессиональных функций; осуществление объективного медицинского контроля и проведение необходимых лечебно-профилактических мероприятий; проведение целенаправленных мер по отбору, медицинской и психологической подготовке и комплектованию экипажей с учетом конкретных условий и особенностей полета; реализацию медицинских требований к программе полета и организации его управления.

Недооценка любого из этих элементов комплексного подхода создает опасность ухудшения характеристик системы человек — космический корабль по критериям безопасности и эффективности. Это обстоятельство придает особое значение правильной организации медицинского обеспечения пилотируемых космических полетов, централизованному руководству всеми этапами их подготовки и проведения. С другой стороны, комплексный подход к обеспечению безопасности и эффективности пилотируемых космических полетов не только способствует решению чисто медицинской проблемы сохранения здоровья и работоспособности космонавтов, но и приобретает экономическое значение, повышает рентабельность космических программ, расширяет их границы, укрепляет приоритет СССР в освоении космоса и в развитии международного сотрудничества в этой области.

Оптимизация условий и режимов профессиональной деятельности космонавтов входит в круг задач космической психофизиологии, которая составляет важный раздел космической медицины. Опыт медицинского обеспечения длительных орбитальных экспедиций показал, что от успешного решения этих задач

самым непосредственным образом зависит сохранение здоровья и поддержание должной работоспособности членов экипажей, а значит, и безопасность космических полетов. Вместе с тем из опыта длительных экспедиций следует, что эффективность системы мероприятий по планированию, контролю и оперативной коррекции режима труда и отдыха космонавтов во многом определяется особенностями взаимодействия врачей-специалистов, в чьей компетенции паходятся эти вопросы, с экипажем и руководством полета.

Как известно, под врачебной (медицинской) деонтологией понимают принципы поведения медицинских работников, направленные на максимальное повышение пользы проводимых профилактических и лечебных мероприятий (см., например: [Лакосина, Ушаков, 1976; Конечный, Боухал, 1983]). Являясь частью врачебной этики, деонтология охватывает вопросы взаимоотношений врачей с обществом, коллективом и пациентами даже в случае, если последние относятся к контингенту специально отобранных, практически здоровых лиц.

Члены экипажей несут ответственность за осуществление отдельных экспериментов и программы в целом. Высокий уровень рабочей мотивации заставляет космонавтов придавать приоритет выполнению важных профессиональных задач, при этом требования рационального режима труда и отдыха удовлетворяются не всегда: работы нередко проводятся за счет времени, отведенного на сон, отдых, физупражнения, прием пищи.

Бывает и так, что члены экипажей ставятся в условия необходимости нарушений режима труда и отдыха, например, при высказывании техническим руководством всякого рода просьб и пожеланий о дополнительных работах. В других случаях режим труда и отдыха нарушается вследствие повышенной рабочей активности, обусловленной реализацией членами экипажей своих научно-исследовательских интересов. При этом осуществляются разнообразные инициативные наблюдения и эксперименты. Установка космонавтов на безусловное выполнение приоритетных пунктов программы приводит к ограничению сообщений с борта об имеющихся нарушениях режима труда и отдыха. Жалобы на усталость не предъявляются, а если и поступают, то уже при значительной кумуляции утомле-

ния. Таким образом, врачи-специалисты вынуждены принимать решения о тактике построения режима труда и отдыха космонавтов в условиях неполноты диагностически значимой информации.

От врача-специалиста по режиму труда и отдыха требуется глубокое понимание организационных, медицинских и этических особенностей ситуации, складывающейся на борту и в группе управления. Узловые моменты циклограммы, планируемой на предстоящий этап полета, целесообразно лично согласовывать по связи с экипажем. При этом не всегда корректны прямые вопросы о степени усталости, о готовности к работам, так как на ответы членов экипажа заведомо наложены этические ограничения. Более приемлемой представляется такая форма диалога, при которой специалист по режиму труда и отдыха предлагает уже согласованный с техническим руководством вариант разгруженной циклограммы, предусматривающий дополнительные дни отдыха, увеличение времени сна и других восстановительных мероприятий. Работы, предлагаемые экипажу, желательно подразделять на обязательные и факультативные. Время выполнения факультативных работ может быть избрано космонавтами самостоятельно, с учетом своего реального состояния и загрузки. Требуется особая чуткость к каждому сообщению с орбиты о фактическом распорядке труда, отдыха и сна. При этом не следует придавать самодовлеющего значения количеству часов переработки.

Очень важно поддержание на борту обстановки ритмичного, увлеченного, творческого труда. Нельзя сковывать экипаж мелочной опекой. Некоторые эпизодические колебания зоны сна на шкале времени от суток к суткам (до ± 1 ч) естественны и неизбежны. Если же отклонения от оптимального суточного ритма становятся выраженными и систематическими, врач-специалист обязан проявить твердость и решительно потребовать от экипажа правильного соблюдения режима труда и отдыха, а если это необходимо, привлечь к фактам нарушений режима внимание технического руководства.

Следует отметить немалую роль личности руководителя полета и его заместителей в формировании психологической атмосферы, благоприятствующей реализации экипажем рационального режима деятельности. Демократический тип руководства несомненно

обеспечивает большую доверительность взаимоотношений космонавтов с группой управления, что позволяет врачам-специалистам лучше знать состояние экипажа и более обоснованно и гибко проводить тактику оптимизации режима деятельности экипажа.

Трудно переоценить значение «обратной связи» между экипажем и группой управления в виде сообщений на борт о результатах проведенных экспериментов и об их применении в соответствующих отраслях народного хозяйства. По-видимому, регулярное обеспечение такой «обратной связи» относится к наиболее действенным формам психологической поддержки экипажей. Вспоминая о своем полете на станции «Салют-4», выполненном совместно с П. И. Климукон, В. И. Севастьянов пишет: «У нас были и слезы радости, когда с Земли реагировали на эксперименты, в которых мы получали интересные результаты. Это повышало нашу работоспособность» [Севастьянов, 1979, с. 35].

Что же касается организации сеансов связи, в которых космонавты встречаются с родными и близкими, то тут еще много обстоятельств не совсем ясных, требующих дальнейшего научного исследования и деликатных, доброжелательных психологов.

Влияние высших эмоций и чувств на функциональное состояние и работоспособность человека в космическом полете очень значительно, хотя строгие научные исследования, посвященные этой проблеме, пока практически отсутствуют. По нашим наблюдениям, положительные эмоции, вызванные успешным выполнением уникальных космических экспериментов, заметно поднимают устойчивость членов экипажей к разнообразным воздействиям и факторам полета. При этом увеличивается и устойчивость к воздействию сдвигов суточного цикла. Так, были сопоставлены проявления десинхронизации у членов экипажа третьей основной экспедиции орбитального комплекса «Салют-7» — «Союз-Т» в период сдвигов режима труда и отдыха и у трех обследованных инженеров, работавших по аналогичному графику в замкнутом гермообъеме наземного экспериментального комплекса. Сопоставление материалов этих наблюдений позволило сделать вывод о значительно лучшей сохранности продуктивных показателей деятельности и о большей устойчивости вегетативных функций у космонавтов, чья деятельность

имела общегосударственное значение и была намного мотивированнее, чем в контрольном наблюдении.

Из приведенного примера, как и из множества других, накопленных космической медициной и психофизиологией, следует принципиальная некорректность изолированного рассмотрения физиологических явлений (десинхроноза, утомления и др.) в отрыве от содержания духовной жизни человека.

Итак, существенным фактором, определяющим работоспособность космонавтов и особенности выполнения ими режима труда и отдыха на каждом этапе полета, являются эмоциональные реакции, обусловленные степенью успешности их деятельности. Каждая успешно проведенная операция в космосе (стыковка, совместная работа с экспедицией посещения, работа вне станции) оказывает на интенсивность и качество деятельности чаще всего стимулирующее влияние. Однако значительный успех может выступать не только как стимул для дальнейших достижений, но и как своеобразный психологический допинг. При этом человек не замечает усталости, снижается самоконтроль и критическое отношение к своему состоянию.

В условиях полета члены экипажа могут обостренно переживать допущенные ими отдельные операторские ошибки, неудачи в выполнении частных экспериментов. Недостаточно тактичные критические замечания, недооценку заслуг экипажа в выполнении программы, занижение вклада отдельных членов экипажа в общее дело следует рассматривать как опасные факторы, являющиеся предпосылками к развитию неблагоприятных психологических состояний и снижению работоспособности космонавтов. Специалистам группы управления, ведущим связь с бортом, надо помнить, что неточное выражение и неверная интонация в сеансе связи могут испортить настроение членов экипажа, снизить безопасность полета.

Недопустимо высказывание в абсолютной форме прогнозов о спадах работоспособности, ожидаемых на тех или иных этапах выполнения программы. Впускаемость в условиях длительного полета может быть повышена, и такие «предсказания» окажут экипажу плохую услугу. Психофизиологические рекомендации и прогнозы вообще не могут носить фатального характера, вследствие индивидуальной variability функций и огромных компенсаторных возможностей человеческого организма.

Исходя из изложенных соображений, врач, отвечающий за организацию режима труда и отдыха космонавтов, должен характеризоваться развитой способностью к сопереживанию (эмпатии), эмоциональной включенностью в ситуацию борт — Земля. Только тогда возможно умелое взаимодействие с экипажем и грамотное принятие решений по оптимизации режима труда и отдыха.

Опыт медицинского обеспечения третьей основной экспедиции орбитального комплекса «Салют-7» — «Союз-Т» показал, что включение в состав экипажа врача-космонавта явилось чрезвычайно полезным для налаживания рационального режима труда и отдыха на борту и для повышения эффективности профессиональной деятельности всего экипажа. Как отмечалось, в ходе 237-суточного полета получена новая научная информация, необходимая для разработки оптимальных режимов труда и отдыха экипажей на долговременных орбитальных станциях¹.

Профессиональные качества врача-космонавта О. Ю. Атькова — наблюдательность, вдумчивость, склонность к анализу и обобщению — позволили ему уже в ходе полета высказать интересные соображения, касающиеся особенностей жизнедеятельности экипажа в период запланированных изменений суточного ритма. Ниже приводится фрагмент стенограммы, запечатлевшей беседу О. Ю. Атькова (его позывной — «Маяк-3») со специалистами Центра управления полетом (ЦУП).

ЦУП: Я чувствую, вы оказались победителями в борьбе с перевернутым режимом.

Маяк-3: При этом мы установили, что человек — существо несимметричное с точки зрения дня и ночи (смех).

В перевернутом режиме спать стали все больше, смещаемся в отношении сна влево, т. е. засыпать готовы — уснуть раньше, а проснуться позже. Это феномен номер один.

Стали больше есть, но это связано с тем, что экипаж стал просыпаться по ночам, т. е. едят даже ночью...

Третье. Из-за того что режим измененный, нарушился стереотип поведенческий. Обычно, как вечер, включали «Ниву» (видеомагнитофон. — *Примеч. авт.*) и смотрели-пересматривали по 20—30 раз все, что у нас есть. А вот в связи с этим режи-

¹ Правда. 1984. 3 окт.

мом мы «Ниву» вот уже сколько недель не включаем совершенно. Потому что либо готовы упасть и уснуть, либо потому, что не понимаем, когда день, или ночь, или утро. Вот такие странные человеческие проявления.

ЦУП: Олег, я правильно понимаю, все-таки проявления десинхроноза есть некоторые?

Маяк-3: Есть, есть, конечно. Это абсолютно очевидно. Это проявляется у всех по-разному. Есть еще одип нуапс, первые трое суток примерно... Ну, я уже говорил и раньше, что в первые трое суток (после сдвига суточного цикла. — *Примеч. авт.*) есть такое ощущение легкого изумления в организме. Даже когда переворачиваешься только на 4 часа. То есть, такая сонливость, вялость. А потом уже, на четвертые или на пятые сутки организм начинает привыкать. Это просто я к тому, что в эти первые трое суток физические упражнения выполнять не просто, организм как будто спит.

Как явствует из приведенной стенограммы радиопереговоров с врачом-космонавтом, находящемся в длительном орбитальном полете, режим труда и отдыха во многом определяет возможность использования средств профилактики неблагоприятного воздействия невесомости. Эпизодические сдвиги суточного цикла на 4 часа не только нарушали сложившийся суточный поведенческий стереотип членов экипажа, но и препятствовали выполнению космонавтами физических упражнений. Отсюда понятно, что совокупное воздействие нескольких факторов полета на организм человека не может быть опосредовано арифметической суммой величины отдельных воздействий, т. е. в принципе не аддитивно. Так, десинхроноз в условиях воздействия невесомости проявлял не только свою собственную биологическую вредность, но и обострял неблагоприятное влияние невесомости, затрудняя использование основного вида средств профилактики — физических упражнений.

Космическая медицина является как бы экспериментальным цехом индустрии здоровья. Искусство врачевания и предупреждения болезней, которым будут владеть медики XXI в., вберет в себя все лучшее из современной нам медицины. Есть основания полагать, что при этом не будут забыты основные положения концепции управления состоянием человека — концепции, которая разрабатывалась применительно к условиям космических полетов, но по своей сути применима к каждому из земных обитателей.

Предпримем попытку рассмотреть некоторые перспективы широкого, массового, земного приложения концепции управления состоянием человека.

Смелый прорыв человека в космос открыл весьма печальный факт: главную в нашем понимании фигуру мироздания — человека! — мы знаем не очень хорошо. Недостаток наших знаний ощущался и в вопросе о возможностях человека, и о его потребностях.

Если в масштабах всего человечества постановка и решение подобных вопросов представляет собой задачу архисложную, то, когда мы имеем дело с ограниченным числом представителей рода человеческого (один — два — три человека на корабле или 10—20—50 космонавтов в отряде), сама по себе ситуация упрощается. При этом мы начинаем иметь дело с небольшой, но определенной выборкой. И с этой выборкой мы можем решать интересующие нас вопросы, адресуясь к людям вообще.

Оказалось, что тысячелетнее развитие знаний о человеке, в том числе и медицинских, было в основном сконцентрировано на понимании болезней, страданий человека, каких-то проблем, связанных с отклонениями от нормального образа жизни. Для того чтобы направить человека в космический полет, надо было определить, на самом деле здоров ли он? А если здоров — то сможет ли он, как здоровый человек, перенести все те напряжения и стрессы, которые выпадают на долю космических путешественников?

Такая постановка вопроса стимулировала — и очень сильно! — интерес к тому, что называется нормальной физиологией здорового человека. Уже предварительное изучение проблемы убедило, что границы нормы чрезвычайно вариабельны. Перенесение тех или иных стандартных стрессовых нагрузок каждым конкретным человеком осуществляется в пределах своей собственной нормы реакции. Эти механизмы реализуют свои адаптивные функции по собственному, строго индивидуальному плану.

Итак, медицина открыла перед собой новое поле деятельности — мир индивидуальных реакций человека на условия жизнедеятельности — то, что составляет реальную основу здоровья и благополучия каждого из нас. Нельзя сказать, что раньше существование этого мира индивидуальных реакций не признавалось. Однако никогда он не подвергался столь глубокому и детальному

изучению, как теперь, в связи с интересами и потребностями космической медицины.

Действительно, как мы сегодня знаем, в понятие здоровья не может быть включено только лишь отсутствие какого-то четко очерченного заболевания. Понятие «здоровье» подразумевает ныне способность человека не просто выполнять некий средний уровень рабочих заданий, но прежде всего противостоять различным дополнительным нагрузкам и напряжениям и сохранять при этом непременно общее благополучие. При этом не исключены какие-то особенности реакций, не очень типичные, быть может, для остальной части человеческой популяции. Главное — готовность организма эффективно противостоять чрезвычайным (стрессовым, экстремальным) воздействиям, наличие своего рода физиологических резервов. А когда такие резервы у человека есть, они выступают предпосылкой к полноценному труду (т. е. к социальной адаптации) и к радостному, оптимистическому восприятию жизни.

Таковы элементы нового представления о здоровье — представления, которое начинает развиваться отнюдь небезотносительно к успехам космической медицины. Это представление окончательно, быть может, не сформулировано сегодня: впереди еще много работы. Строгое научное определение здоровья — задача медиков и философов XXI столетия. Но, думается, что в будущем можно будет оттолкнуться от некоторых нормированных показателей благополучия каждого конкретного человека и сделать это на благо всего общества в целом.

Учет индивидуальных нормированных показателей человека открывает обширную и, по-видимому, необычайно плодотворную область исследовательской и практической медицины.

Вспомним хотя бы о том, что индивидуальным должно быть понятие «норма питания». Существуют рекомендованные нормы питания для разных возрастных групп людей: детям — одно, старикам — другое. Эти вещи очевидны. Далее, существуют различные рекомендации пищевых норм для различных профессий: по составу пищевых веществ, минеральных солей, калорийности и т. д.

Но если мы ставим задачей полное соответствие, а наиболее адекватное покрытие потребностей любого отдельно взятого человека, то, разумеется, обязательно индивидуальное тестирование с целью выявления особен-

постей протекания процессов обмена веществ у этого человека. Необходим для каждого конкретного, отдельного человека (а не для обобщенного представителя какой-то возрастной или профессиональной группы) учет индивидуальных особенностей функционирования пищеварительного тракта, характера обмена веществ, условий и режима деятельности. Необходимо как раз то, к чему мы пытаемся прийти при организации питания людей в космическом полете. Опять-таки и здесь очень важен фактор времени. Надо считаться с суточной, многодневной, сезонной периодикой физиологических процессов данного человека. Нельзя не учитывать фазы адаптационного процесса — начальная стадия, фаза более или менее устойчивой адаптации и т. д. И, безусловно, принимать во внимание вкусы подопечного, чье питание мы хотим оптимизировать.

Все эти данные необходимы для оптимального построения паттерна обменных реакций, которые могут меняться под воздействием факторов среды. В принципе, если говорить об организации питания, космическая медицина могла бы реализовать его уже сегодня, если бы имелись все необходимые данные, касающиеся каждого человека.

На этом примере можно показать, что развитие описываемых подходов к индивидуальному нормированию может обеспечить и увеличение долголетия, и повышение продуктивности деятельности людей, и улучшение их самочувствия, и минимизацию вероятности тех или иных расстройств и заболеваний.

Правда, надо предостеречь от облегченных представлений о темпах и масштабах распространения таких подходов в земную медицину. Специалисты космической медицины занимаются, как известно, ограниченным числом людей. Их опыт нельзя автоматически разложить на большие группы людей, тем более — на все человечество. Такие возможности только лишь обозначаются.

Что же касается перспектив, то можно иметь в виду возможность целенаправленного управления физиологическим оптимумом каждого члена — но уже не космического экипажа, а человеческого общества. То, что мы делаем в области космической медицины, направлено именно на достижение физиологического оптимума. Пусть пока это делается не всегда с абсолютной надежностью и высокой точностью. Однако данное направле-

ние работ уверенно развивается, что в принципе обещает значительно улучшить благосостояние всех людей на Земле.

Приведенным примером индивидуализации питания, конечно, все направление работ не исчерпывается. Можно взять нормирование объема и интенсивности физических нагрузок. Можно было бы (и это будет сделано) рассчитать и обосновать такие значения, которые были бы оптимальны для любого наугад взятого человека на каждом из этапов его жизни и деятельности.

Отсюда могло бы происходить и нормирование «сенсорного входа» для каждого из нас. Обычно ведь человек сам себе подбирает — не всегда правильно — показатели этого «сенсорного входа». Осуществляет выбор: что читать, что смотреть. Подбирает цвет своих обоев. Определяет состав своего окружения. Устанавливает характер и уровень акустических воздействий, в том числе и музыкальных. Здесь многое обусловлено традициями, культурой, воспитанием. Но если вопрос стоит о том, что нужно человеку для его физиологического, психологического оптимума, для правильного соотношения деятельности коры и подкорки, для оптимального функционирования его организма как биосоциальной целостности, то не имеет ли смысл предложить ему уже не произвольную, а специально обоснованную и рассчитанную структуру воздействий внешней среды, включая структуру информационных потоков?!

Жесткие рекомендации здесь были бы неуместны, ибо недопустимо манипулирование поведением человеческой личности. Свобода воли, свобода выбора должны у человека оставаться как непреходящие ценности. Задача науки заключается в другом. Она не должна навязывать тактику поведения. Но она должна предложить человеку пути и средства оптимизации своего состояния.

Особенно это важно для космической медицины. Если мы хотим, чтобы человек полетел к Марсу, Венере, а затем к Юпитеру и Нептуну, мы обязаны провести индивидуальное медико-биологическое и психологическое нормирование членов экипажей и на основании полученных данных обеспечить им в полете оптимальные параметры среды обитания, включая оптимальную организацию информационных воздействий. А сколько, например, музыки дать этим космонавтам? И какой эта

музыка должна быть с точки зрения наиболее надежного и безопасного выполнения космической миссии? На эти вопросы предстоит отыскать ответ.

Ведь если мы встали на путь индивидуального нормирования, то надо быть последовательными. Нельзя остановиться на регламентации, например, цистеина в пище, исходя из его доз, способствующих наибольшей работоспособности и долголетию. Очевидно, надо перейти и к нормированию определенных частот акустических сигналов, длины световых волн и целого ряда других параметров «сенсорного входа», формирующих состояние данного человека. Иначе говоря, нельзя остановиться на регламентации характеристик внешней среды, ответственных за физиологическую готовность человека. Рано или поздно следует перейти к подбору разнообразных параметров, формирующих оптимум его психологического состояния. Видимо, наука XXI в. сможет подсказать каждому нашему потомку те спектры воздействий и диапазоны факторов, которые обеспечат наибольшую полноту раскрытия физиологических потенций и душевной индивидуальности.

Каждый земной обитатель обретет знание о таких сочетаниях, последовательностях и ритмах разнообразных воздействий внешней среды, которые смогут вывести его на самый оптимальный уровень функционирования. Образно говоря, вывести на высшую из всех доступных для него жизненных орбит. Если эти прогнозы сбудутся, то каждого землянина ждет эпоха обретения неповторимых, уникальных ключей к своему организму и психике.

Если в стратегическую концепцию жизни человека входит тезис о максимальной эффективности его личного существования на благо обществу, это означает, что человек должен быть здоров и долголетен. Это означает также, что его работа должна быть эффективна. Если человек согласен с этим, то врачи должны предложить ему определенный перечень рекомендаций, используя которые, он сможет этого добиться. На разработку таких рекомендаций направлены усилия специалистов космической медицины — науки, возвещающей и моделирующей медицину грядущего века.

III. СОЗИДАЕМЫЙ КОСМОС

Футурологические модели освоения космоса. Прогнозы К. Э. Циолковского, Ф. Дайсона и других исследователей. Прогнозируемые тенденции освоения космоса. Предполагаемые сферы (околоземное пространство, Луна, Марс, астероиды, спутники планет-гигантов); способы и средства освоения космического пространства (разведочное, экспедиционное освоение, колонизация с помощью транспортных средств, крупногабаритных станций, платформ в космическом пространстве, путем развертывания планетарных баз, средств самообеспечения и промышленного производства). Возможные сдерживающие факторы (экологические ограничения, появление альтернативных, более приоритетных сфер социальной активности; военно-политические ограничения)

О трудностях прогнозирования вообще и прогнозирования космонавтики в частности говорят многие авторитеты. Большинство из тех, кто осмеливается приподнять завесу, скрывающую XXI век, ожидают ошибки: жизнь всегда отлична от футурологических моделей, богаче их и разнообразнее.

Быть может, уже сейчас, в середине 80-х годов, в естествознании выявлены факты и сформулированы принципы, которые составят сердцевину будущих проектов освоения космоса. Но пока футурологи не улавливают значимости этих фактов и принципов, не осознают их будущей решающей роли в преодолении силы тяготения и в овладении космическим пространством.

Еще К. Э. Циолковский в свое время писал, что ракета — только метод пропикновения в глубину Космоса, но отнюдь не самоцель. Вся суть — в переселении с Земли и в заселении Космоса.

Нельзя исключить, что среди всего многообразия явлений природы, наблюдавшихся к настоящему времени человеком, пойдется какое-то одно — ныне известное, но не до конца понятое, — которое станет ключевым при создании космических двигателей принципиально нового типа. То, что сегодня причисляется к странному и загадочному (а то и вообще никак не классифицируется и выпадает из поля зрения ученых), завтра ляжет в основу проектов невиданных машин и механизмов, приведет в движение межпланетные и межзвездные корабли.

То, что ныне кажется специалистам маленьким облачком на небосводе их науки, завтра может превратиться в ураган, сметающий привычные теоретические конструкции. Мелкий, казалось бы, факт может приобрести решающее значение.

Однако пока такие физические факты и принципы не стали явными, и это лишает возможности опираться на них при прогнозировании освоения космоса.

Собственно говоря, некоторые футурологи не доходили до рассмотрения технических средств космонавтики XXI в. из-за своих исходных крайне пессимистических воззрений на ее будущность. Английский историк и социолог Лилли [1970] полагал, что исследования космического пространства, вероятно, мало чем поспособствуют в ближайшие десятилетия росту материальных благ. Пока что расходы на них остаются рискованным вложением капитала в созидание отдаленного будущего.

Советский исследователь Г. С. Ветров, комментируя данное высказывание, отмечает объективность этой оценки для 1965 г., когда она была дана. Однако наиболее примечательным ему кажется, — и это совершенно справедливо! — что за 15—20 лет эта оценка успела устареть.

Более того, академик АН Эстонской ССР Г. И. Наап [1984] подчеркивает, что результаты усилий вовсе не обязаны соответствовать (в смысле прямой пропорциональности) размерам усилий.

В начале освоения космоса многие ученые стаповились, подобно С. Лилли, на позиции скептиков. Видный американский астроном Х. Шепли указывал на возможную опасность космической экспансии, заключающуюся в потере человеком своих биологических качеств, вырождении и исчезновении биологического вида *Homo sapiens*. Он писал, что стремление человека к небесам и звездам может оторвать его от животных источников физической и неврологической силы [Шепли, 1962]. Это был негативный прогноз, так сказать, дальнего прицела.

М. Борн в полемике с энтузиастами космонавтики выдвигал контраргументы и факты «ближнего боя», т. е. затрагивающие перспективу нескольких десятилетий. Этот выдающийся физик, лауреат Нобелевской премии в книге «Моя жизнь и взгляды», опубликованной в 1968 г. (а в 1973 г. вышедшей в русском перево-

де), изложил свое мнение по поводу целесообразности, эффективности и необходимости космонавтики. По сути дела, это мнение вылилось в своеобразный прогноз «неумолимого противника космических путешествий» — как М. Борн охарактеризовал сам себя. Этот прогноз составил в его книге целую главу под названием «Благо и зло космических путешествий».

По прошествии почти двух десятилетий, опираясь на опыт этих лет, попытку взвесить «за» и «против» одного из классиков современного естествознания М. Борна предпринял летчик-космонавт СССР, кандидат технических наук О. Г. Макаров [1985]. Он показал, что, как и все оценочные прогностические работы, глава из трактата М. Борна несет на себе печать своего времени и что автор, естественно, не смог в деталях предсказать, как будут развиваться космическая наука и техника. О. Г. Макаров перечисляет оставшиеся вне рассмотрения М. Борпа аспекты практической космонавтики 80-х годов: земную «отдачу» космического природоведения, космической энергетики, космической медицины и т. д. Жизнь опровергла положение, высказанное М. Борном, что якобы результаты, полученные при освоении космоса, «представляют значительный интерес для специалистов, но оставляют безучастным рядового гражданина». Советский космонавт свидетельствует, что прогноз М. Борна в этой части оказался ошибочным: этим результатам под силу во многом изменить не только условия жизни «рядового гражданина», но и уровень его культуры, а может быть, даже и его психологию.

Как подчеркивал М. Борн, настроения вокруг космонавтики ловко используют преследующие свои особые интересы западные ученые, инженеры, политики и военные, чтобы популяризировать собственные планы и выжать больше денег из налогоплательщиков. Обсуждая военные «приложения» космических исследований, ученый-гуманист отмечал (и в этом наиболее сильная сторона его прогноза), что разум всегда составлял против войны, а сегодня война стала чистым безумием.

Смелую и увлекательную попытку прогнозирования научно-технического прогресса предпринял в свое время ученый и писатель-фантаст А. Кларк. Своему прогнозу развития транспорта, связи, технологии, биологии и химии, физики до 2100 г. он предпослал сжатый ис-

торический экскурс, в котором для тех же областей человеческой деятельности приводятся основные, наиболее этапные события с 1800 до 1960 г. Вот каковы эти вехи в области транспорта: локомотив, пароход, автомобиль, самолет, ракета, вертолет, спутник, космический корабль. На этом часть таблицы (составленной А. Кларком в начале 60-х годов), посвященная прошлому, обрывается. Начинается другая ее часть, озаглавленная: «Будущее». Опять-таки имеется столбец, посвященный транспорту. Здесь вслед за датами мы читаем прогнозируемые события.

1970 г. Космическая лаборатория. Посадка на Луну.

1980 г. Ядерная ракета. Посадка на планеты.

2000 г. Колонизация планет.

2010 г. Путешествие к центру Земли.

2020 г. Межзвездный зонд.

2050 г. Контроль над гравитацией.

2070 г. Околосветовые скорости.

2080 г. Межзвездный полет.

2090 г. Передача материалов.

2100 г. Встреча с инопланетными разумными существами.

Основной вывод, который следует сделать из прогноза А. Кларка,— это стремительный рост возможностей человечества в течение ближайших 11 десятилетий. Рассматривая этот прогноз, член-корреспондент АН СССР И. С. Шкловский отмечал во многом спорный его характер и указывал, что отдельные предсказанные открытия не обязательно будут совпадать с соответствующими датами. (Впрочем, в предсказании времени высадки астронавтов на Луне А. Кларк ошибся лишь на год). Как уже говорилось, в естествознании очень трудно предвидеть фундаментальные открытия. Данное обстоятельство является, пожалуй, одним из ведущих источников неопределенности при прогнозировании, в том числе и в области космонавтики.

Нельзя не согласиться с заключением И. С. Шкловского, что в целом прогноз А. Кларка производит сильное впечатление. Из него следует, что на протяжении будущего столетия человечество семимильными шагами подойдет к перестройке космоса, а XXII—XXIII века станут качественно новым этапом развития: разумная жизнь делается фактором, формирующим облик значительных областей Вселенной.

Когда высказываются подобные прогнозы, нельзя не вспомнить гениального провидца К. Э. Циолковского.

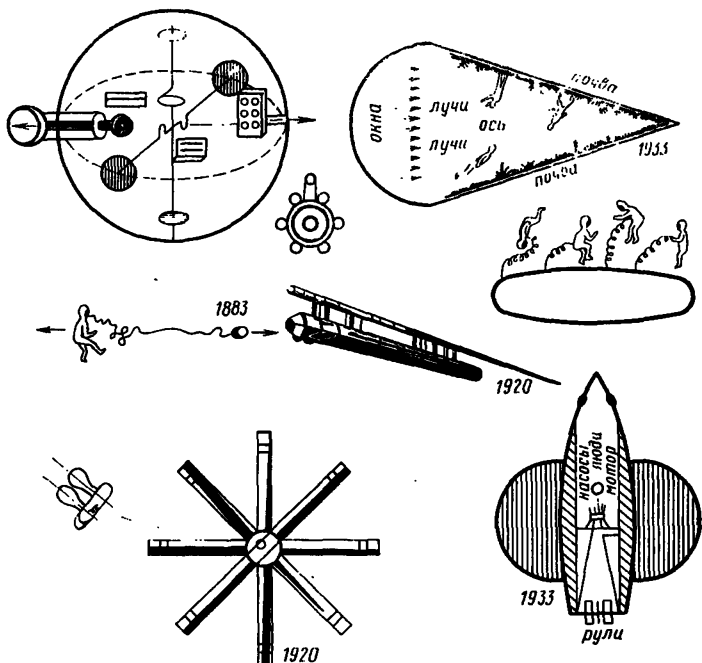
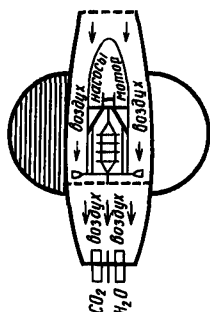
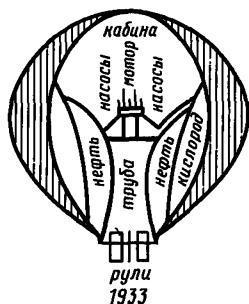
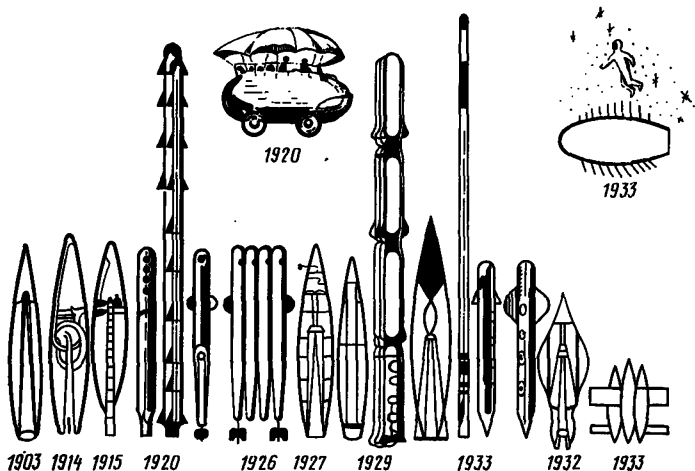


Рис. 19. «Я очень рад, что мои идеи в той или иной форме получили осуществление», — писал К. Э. Циолковский

Еще в начале нашего столетия, когда деятельность человека не успела приобрести общепланетарного характера, свойственного последним десятилетиям, Циолковский уверенно прогнозировал не только всепланетарный, но поистине вселенский ее размах. Квинтэссенция прогнозов К. Э. Циолковского выражена в известной ныне всем формуле: «Человечество не останется вечно на Земле, но в погоне за светом и пространством сначала робко проникнет за пределы атмосферы, а затем завоюет себе все околосолнечное пространство».

Прогнозные по своему содержанию идеи неоднократно высказывались и обосновывались Циолковским (рис. 19). И сегодня не утратил актуальности «План работ, начиная с ближайшего времени» [1911, с. 258—260]. По мере углубления в область будущего этот план фактически перерастает в прогноз магистрального на-



правления развития земной цивилизации. В конспективном изложении этот грандиозный план-прогноз, многие пункты которого уже стали явью, выглядит так:

1. Устраивается ракетный самолет с крыльями и обыкновенными органами управления. Цель — научиться управлять самолетом с ракетным двигателем, регулировать тягу и планировать при выключенном двигателе.
2. Крылья последующих самолетов понемногу уменьшаются, сила тяги и скорость увеличиваются.
3. Проникновение в очень разреженные слои атмосферы.
4. Полет за пределы атмосферы и спуск планированием.
5. Основание подвижных станций вне атмосферы (искусственные спутники Земли).
6. Использование космонавтами энергии Солнца для дыхания, питания и других житейских целей.

7. Посадка на Луну.

8. Устраиваются эфирные скафандры (одежда) для безопасного выхода из ракеты в эфир.

9. Разработка замкнутых биологических систем жизнеобеспечения, благодаря которым человек достигает большой независимости от Земли.

10. Вокруг Земли устраиваются обипирные поселения.

11. Используют солнечную энергию не только для питания и удобства жизни (комфорта), но и для перемещения по всей Солнечной системе.

12. Основывают колонии в поясе астероидов и других местах Солнечной системы, где только находят небольшие небесные тела.

13. Развивается промышленность и увеличивается число колоний.

14. Достигается индивидуальное (личности отдельного человека) и общественное (социалистическое) совершенство.

15. Население Солнечной системы делается в сто тысяч миллионов раз больше теперешнего земного. Достигается предел, после которого неизбежно расселение по всему Млечному пути.

16. Начинается угасание Солнца. Оставшееся население Солнечной системы удаляется от нее к другим солнцам, к ранее улетевшим братьям.

Анализ плана К. Э. Циолковского с позиций современной прогностики, по мнению специалистов, весьма интересен: в этом плане они видят своеобразную системную методологию прогнозирования, которая в основном верифицирована историей.

Важно подчеркнуть, что на первых этапах «погони за светом и пространством» Циолковский отводил весьма скромное место освоению крупных тел Солнечной системы. Он задавался вопросом, какие выгоды может извлечь человечество из доступности небесных пространств? И отвечая на этот вопрос, указывал, что многие воображают себе небесные корабли с людьми, путешествующими с планеты на планету, постепенное заселение планет и извлечение оттуда выгод, какие дают земные обыкновенные колонии. Однако, как объяснял Циолковский, дело пойдет далеко не так. Спуск на планеты и овладение ими, по его представлению,— это сравнительно ничтожная награда, если принять, что ценность планеты определяется получаемой ею солнечной энергией. Все планеты вместе взятые получают ее лишь в

10 раз больше, чем Земля. Все это практически незаметно в сравнении с полной солнечной энергией, которая в 2,2 млрд раз больше получаемой Землей и в 200 млн раз больше, чем та энергия, которую имеют все планеты Солнечной системы. «Вот какой энергией может завладеть человек, если сумеет устроиться в небесном пространстве! — восклицает основоположник космонавтики. — Достижение этой цели едва можно сравнить с открытием двух тысяч миллионов планет, таких, как Земля» [Циолковский, 1929. Цит. по: 1960, с. 249].

Придавая исключительное значение эффективному использованию энергии Солнца, Циолковский во главу угла ставил применение «солнечных моторов» — преобразователей лучистой энергии нашего светила. Освоение пояса астероидов должно обеспечиваться энергией от этих преобразователей. Прогнозируя их создание, Циолковский предвосхитил появление солнечных батарей.

Далее, в космосе возникает множество поселений — «цепь эфирных городов»; строительным материалом для них служат астероиды. Именно из их вещества, а затем уже из вещества лун и планет Солнечной системы предлагает Циолковский формировать небесные обиталища. Продолжительность перестройки — рукотворного создания заново Солнечной системы — оценивалась калужским мечтателем временем порядка 10^5 — 10^6 лет. Не ограничивая пределы роста и развития земной цивилизации «колыбелью человечества», Циолковский говорил о результате экспансии в окосолнечное пространство — обеспечении светом, теплом и жизнью $3 \cdot 10^{23}$ жителей!

Может быть, по нынешним меркам, некоторые количественные прогностические оценки Циолковского не имеют достаточной опоры. Однако это не умаляет главного — великой заслуги перед человечеством русского ученого, указавшего на космическое пространство как на место жизни и труда грядущих поколений землян.

Воображение Циолковского рисовало беспредельную пустоту с жарко сияющим Солнцем и не мерцающими звездами. «Нам нет надобности закабаляться силою тяжести больших планет: мы можем воспользоваться маленькими небесными телами с поперечником в один километр и меньше... Вещество небесных камней, как и планет, состоит из разных превосходных металлов, газов, необходимых и достаточных для устройства жизни... Мы можем из них построить прозрачные и крепкие оболочки для сохранения газов, жизни растений и чело-

века. Солнце в эфире так же живительно, как и на Земле. Теплоты не менее. Почему же не жить там, не расселяться, если эфирные пространства там в биллионы раз обширнее, чем на Земле?» [Циолковский, 1919, с. 12].

В заметках Циолковского, относящихся к 1919—1920 гг., прогнозировалось создание гигантских искусственных сооружений, простирающихся вокруг Солнца. Монтаж этих конструкций мыслился из отдельных элементов — малых небесных тел — «почвенников».

«Со временем,— писал К. Э. Циолковский,— почвенник удлинится и составит упругое растяжимое кольцо, вращающееся вокруг Солнца, как кольцо Сатурна вокруг него же. Тогда движение будет возможно по целой окружности. Но все же это не охватывает всей сферы...— И тут Циолковский делает очень важный логический шаг.—...Потом колец может быть несколько в разных направлениях. Движение по ним более обширно, более охватывает сферу» [Циолковский, 1919, 13].

Через 40 лет после того как были написаны эти заметки К. Э. Циолковского, английский физик Ф. Дайсон выдвинул проект, в главных чертах повторяющий идею о сферическом «почвеннике», опоясывающем Солнце. Радиус сферы Дайсона предлагается сделать равным радиусу земной орбиты. Вещество для постройки можно будет заимствовать у предварительно «демонтированной» планеты Юпитер.

Нагретая изнутри излучением нашей материнской звезды, для внешнего наблюдателя сфера Дайсона виделась бы в диапазоне теплового, инфракрасного излучения.

Являясь одним из принципиально возможных вариантов перестройки цивилизацией своей планетной системы, проект Дайсона обосновывает вместе с тем постановку задачи, достижимой уже ныне. Речь идет о целенаправленном поиске в дальнем космосе источников инфракрасного излучения, которые могут оказаться биосферами, взявшими свои звезды в искусственную «скорлупу». Таким образом, Ф. Дайсон развивает идеи К. Э. Циолковского, используя достижения физики и астрономии второй половины XX в.

В этом же направлении пошел И. С. Шкловский [1976], когда указал еще на один путь использования энергетических ресурсов планетной системы, а именно на утилизацию масс больших планет в качестве ядерного горючего для реакции синтеза. Приводятся выкладки,

свидетельствующие, что при ежесекундном освобождении $4 \cdot 10^{33}$ эрг (что равняется мощности Солнечного излучения) запаса ядерной энергии Юпитера хватит почти на 300 млн лет.

Однако обратимся к прогнозам и проектам, пацеленым на более близкое будущее. Прежде чем продолжить в этом аспекте рассказ о современных футурологических моделях и проектах освоения космоса и перейти к рассмотрению предложений американского физика О'Нейла, следует вновь вернуться к заметкам К. Э. Циолковского. Он постоянно подчеркивал важность самостоятельного жизнеобеспечения космических колонистов, предлагал для этого оранжереи и теплицы и, что немаловажно, затрагивал вопросы архитектуры данных конструкций. По Циолковскому, и жилые помещения, и теплицы должны быть цилиндрическими или же кольцевыми. Сохранился проведенный Константином Эдуардовичем расчет космического жилища на тысячу человек. Это почти прозрачный цилиндр длиной 1333, диаметром 10 м. «Помещение для людей должно быть ячейкой, вмещающей определенного размера общество, которого общественные и индивидуальные потребности должны быть хорошо удовлетворены», — вот неперемываемые условия жизни и работы вне Земли. И вновь в этой фразе проявляется Циолковский-гуманист!

О'Нейл, называющий К. Э. Циолковского «пионером космоса», с энтузиазмом развивает его представления о поселениях в свободном пространстве как о разумной альтернативе колонизации других планет. При этом О'Нейл пытается гармонично объединить идеи о космических промышленности и энергетике, об использовании ресурсов Луны и астероидов. Особенностью проекта О'Нейла является всесторонняя экономическая и технологическая обоснованность и принципиальная осуществимость уже на уровне возможностей космонавтики сегодняшнего дня. Поэтому началом строительства космических поселений на многие тысячи человек могут стать уже 90-е годы текущего века. Хотя пока нет единого мнения о месте размещения космических колоний, О'Нейл предлагает строить их в точках Лагранжа на лунной орбите. Луна при этом будет использована как база для добычи сырья.

Конструкция каждого космического поселения почти полностью определяется при выполнении следующих условий: нормальная гравитация, привычный цикл дня и



Рис. 20. Космическое поселение О'Нейла [по: Евич, 1978]

ночи, естественный солнечный свет, обстановка, близкая к земной, эффективное использование солнечной энергии. Конструкция, удовлетворяющая всем этим условиям, — это пара цилиндров, имеющих примерно 1–6 км в диаметре, и длиной 3–30 км (рис. 20). В этих цилиндрических парах внутренняя поверхность отдана паркам и лесам с озерами, реками, травой, деревьями, животными и птицами. Эти ландшафтные участки — «долины» — чередуются с участками окон — «соляриями». Цилиндр довольно быстро вращается вокруг своей оси, и благодаря этому на его внутренней поверхности действует необходимая сила тяжести. Экономика заставляет думать о меньшем диаметре, желание создать ландшафт, максимально напоминающий земной, требует большего диаметра. Независимо от размера, кажущаяся гравитация, состав воздуха и атмосферное давление должны быть такими же, как и на Земле на уровне моря. О'Нейл говорит о зеркалах, сделанных из алюминиевой фольги,

поворот которых может изменять угол, под которым свет падает на долины. Так регулируется суточный цикл, продолжительность дня и ночи. Гелиостанции космического поселения, фокусируя солнечное излучение параболическими зеркалами, смогут обеспечить мощность до 10 кВт на каждого жителя — это в 10 раз больше, чем ныне в высокоразвитых районах Земли.

Путешествия между поселениями будут осуществляться с помощью простых летательных аппаратов. «Скорость летательного аппарата, — продолжает О'Нэйл, — позволит путешествовать в пространстве с общим населением, большим, чем на Земле, в течение нескольких часов полетного времени. Если поселения отстоят одно от другого на 200 км, то размер комплекса цилиндров с общим населением 4 млрд человек равен 29 000 км. Для летательного аппарата с ускорением в 1 g и временем полета на такое расстояние в 7 ч длина пути ускорения 66 км. Летательный аппарат может быть гораздо просторнее и комфортабельнее чем типичный коммерческий лайнер.

Изобилие пищи и электрической энергии, погода с регулируемым климатом и температурой обеспечат условия жизни в колониях, гораздо более приятные, чем в большинстве мест на Земле. Для перемещения внутри цилиндра длиной в 30 км вполне достаточно велосипедов и малоскоростных электрических транспортных средств.

В поселениях возможны как все земные, так и новые виды спорта. Например, катание на лыжах, парусный спорт, альпинизм и планеризм. На больших высотах становится реальностью полет, осуществляемый мускульной силой человека. В специальном медленно вращающемся сельскохозяйственном цилиндре с водой и рыбой можно создать гравитацию в 100 или в 1000 раз меньшую, чем на Земле, и заниматься глубоководным нырянием, не заботясь о выравнивании давления.

Колонизацию космоса можно было бы начать с минимальной первой модели уже в конце 80-х годов. Примерно с 2014 г. можно было бы удваивать число колоний каждые шесть лет, учитывая, что «родительская» колония может построить «дочернюю». Было подсчитано, что первая модель поселения потребует строительных усилий 42 т на одного человека в год, что сравнимо с усилиями, необходимыми для строительства большого моста на Земле. Для поселений с высокой плотностью

населения требуется 50 т на человека в год и до 5 тыс. т при низкой плотности населения.

Строительство космической колонии в дальнейшем может быть автоматизировано. Конструкция в основном состоит из канатов, арматуры и оконных панелей из стандартных модулей, сочетаемых в рисунке, который повторяется тысячу раз. Сборка происходит в среде с нулевой гравитацией и без капризов погоды.

Строительство первой модели могут характеризовать следующие цифры: число строителей — 2000, общая масса постройки — 500 тыс. т. Предполагается, что модель 1 будет служить эффективной индустриальной базой для строительства модели 2. Существенная особенность всего проекта — и О'Нейл это подчеркивает — состоит в том, что Земля после первых двух или трёх стадий «размножения» колоний не должна больше их поддерживать.

Экономическая сторона создания таких колоний продиктовала большой упор всего проекта на использование ресурсов Луны, откуда О'Нейл предполагает выбрасывать материалы и элементы строительных конструкций электрической катапульти. Захват выстреливаемых с Луны масс будет выполнять специальная ловушка. Грузооборот этого транспортного конвейера Луна — космос должен достичь 544 тыс. т в год. Хотя эта сторона проекта О'Нейла, как и некоторые другие, представляется уязвимой для критики, но в целом он выглядит вполне реалистично.

О'Нейл во многом следует замыслам Циолковского — от цилиндрической формы космических конструкций до принципа самообеспечения их обитателей всем необходимым. Но опора на достижения науки и техники последней четверти XX в. сделала его проект конкретным, а потому сигнализирующим о возможности скорой, лавинообразной экспансии человечества в космос.

В своей первой публикации, относящейся к 1974 г., О'Нейл приводит поэтапную разбивку этого грандиозного процесса: 1988 г. — в космосе 10 000 человек, 1996 г. — 2 миллиона, 2008 г. — 20 миллионов. «К 2074 г. более 90% человечества будет жить в космосе, в условиях неограниченных ресурсов чистой энергии, изобилия пищевых и материальных средств, полной свободы передвижения. Земля превратится в огромный парк, свободный от индустрии, медленно и естественно восстанавливающий свои силы после смертельных ударов,

нанесенных ей индустриальной революцией. Она станет прекрасным местом отдыха, где можно будет провести отпуск или каникулы...» [цит. по: Головапов, 1985, с. 43].

Можно подвергать сомнению различные элементы футурологической модели освоения космоса, пропагандируемой О'Нейлом и его последователями. Можно спорить о наиболее предпочтительной конфигурации внеземных обиталищ — тороидальной или цилиндрической. Можно указать на недопустимость отрыва космической деятельности от земной. По-видимому, следует учесть существующее мнение (а оно приобретает все больше сторонников) о том, что проблемы колонизации околоземного космоса и дальних полетов не являются взаимоисключающими. В самом деле, эти проблемы могут обрести «общий знаменатель» — всеобъемлющую программу мирного освоения космоса, которая включит и полеты к другим планетам и звездам, и создание искусственных биосфер. Тем самым будут снижены затраты и ускорено осуществление самых дерзновенных проектов.

Безусловно, самым спорным в проекте О'Нейла является вопрос о темпах экспансии человечества вне Земли. Чаще всего приводятся более осторожные, сдержанные оценки в отношении сроков и массовости заселения космоса. Так, многие специалисты обоснованно считают, что к 1990 г. в космосе будет непрерывно работать 50—100 человек. Экспертное прогностическое исследование, проведенное в 1979 г. в США методом «Делфи», отпесло создание крупных космических поселений с населением свыше 1000 человек, лишь к 2024 г. Конечно, это не десятки миллионов, которые можно было бы ожидать через 40 лет в случае реализации программы-максимум.

Тем не менее указанные спорные моменты не в состоянии умалить ряда достоинств оригинального проекта. Важным и привлекательным в нем является биологический (точнее — бионический) принцип — размножение искусственных биосфер. За счет реализации этого принципа в исторически сжатые сроки может сбыться мечта К. Э. Циолковского о распространении человечества с Земли в просторы Вселенной.

Проекты радикальной перестройки Солнечной системы побуждают задаваться вопросом, как изменится в будущем ее вид со стороны? Другими словами,

чем обнаруживает себя деятельность космических цивилизаций? Искать ответ на эти вопросы тем более желательно из-за наличия во многих прогнозах пунктов, связанных с существованием внеземного интеллекта и с возможной встречей с братьями по разуму. Уже упомянутое экспертное исследование, проведенное в 1979 г. методом «Делфи» с привлечением шести специалистов из США и девяти из Великобритании, дало прогноз контакта с внеземными цивилизациями — 2066 г.

Сферы Дайсона, которые должны наблюдаться как мощные источники инфракрасного излучения, могут быть вовсе не единственной технологической формой развития цивилизаций. И, быть может, экспоненциальное наращивание энерговооруженности не слишком типично для космических цивилизаций? В этом случае имеет смысл искать другие характеристики, отражающие развитие материи, ее движение от низших ступеней к высшим. Как известно, законы термодинамики постулируют постоянство энергии во Вселенной и стремление энтропии к максимуму, однако жизнь (и тем более жизнь разумная) локально противодействует безудержному, казалось бы, росту энтропии. Еще С. Аррениус, придерживавшийся представлений о внеземном происхождении жизни на нашей планете, предположил в 1909 г., что во Вселенной должны быть такие области, в которых происходит понижение энтропии. В противном случае Вселенная превратилась бы в мрачный океан хаоса и бездеятельной энергии, неспособной совершать работу.

Интересно, что К. Э. Циолковский в свое время активно выступал против модной тогда теории «тепловой смерти» Вселенной и призывал к поиску в природе условий, благодаря которым постулат Клаузиуса о стремлении энтропии к максимуму не выполняется. Циолковский [1914, с. 17—18] писал: «В своем чистом виде постулат может быть нарушен и еще во множестве случаев, но опять-таки не сам собою, а вследствие каких-либо исключительных условий. ...Хорошо, если эта статья пробудит мысль молодых ученых и заставит их произвести указанные опыты».

К. Э. Циолковский прямо связывал возможность нахождения в природе процессов, обратных тепловому рассеянию, с космической деятельностью человечества. Эти идеи основоположника космонавтики переклика-

ются с мыслями Ф. Энгельса, высказанными в статьях и набросках, вошедших впоследствии в его работу «Диалектика природы».

«Вопрос будет окончательно решен,— писал Энгельс,— лишь в том случае, если будет показано, каким образом излученная в мировое пространство теплота становится снова используемой. Учение о превращении движения ставит этот вопрос в абсолютной форме, и от него нельзя отделаться при помощи негодных отсрочек векселей и увеливанием от ответа» [Энгельс, т. 20, с. 599].

Весьма любопытно, что эта проблема — условия, при которых в природе осуществляется концентрация рассеянной тепловой энергии (т. е. процесс, обратный ее деградации), — до сих пор остается нерешенной. Отмечая это обстоятельство, крупный канадский физик-теоретик Ф. Кемпфер предполагает строгое сохранение энтропии во всех процессах, включая необратимые, и указывает: «Чтобы вообще получить такую возможность, следовало бы открыть в природе некоторый объект, способный воспринимать и переносить отрицательную энтропию в ходе необратимых процессов; такой объект смог бы восстановить баланс энтропии во всей Вселенной...» [1972, с. 187].

Эти вопросы имеют прямое отношение к проблеме поиска внеземных цивилизаций, к прогнозируемому космическому будущему человечества. Однако до последнего времени принято обращать первостепенное внимание не на негэнтропийные, а на энергетические параметры, характеризующие развитие цивилизации. Ныне расход землянами энергии составляет $4 \cdot 10^{19}$ эрг/с. При сохранении установившегося прироста энерговооруженности 1% в год по прошествии 3000 лет человечество превратится, согласно классификации известного советского астрофизика Н. С. Кардашева, в цивилизацию II типа, контролирующую энергетику своей звезды (Солнца) и потребляющую около $4 \cdot 10^{33}$ эрг/с. При допущении, что темпы роста сохранятся, еще через 6000 лет следует ожидать энергопотребления порядка $4 \cdot 10^{44}$ эрг/с, что обеспечивается за счет контроля энергии всей Галактики. Достижение такого контроля доступно, по Кардашеву, цивилизациям III типа.

В связи с этим прогнозом можно было бы высказать лишь восхищение безграничными возможностями, открывающимися при контроле энергии — подумать

только! — всей Галактики. Вместе с тем возникают и другие соображения, в частности о пределах экспоненциального роста энерговооруженности. Действительно, есть ли достаточные основания абсолютизировать нынешнюю потребность человечества в энергии и распространять культ ее количества на десятки тысяч лет в будущее? И не войдут ли за это время в жизнь людей новые естественнонаучные принципы, в свете которых практически неограниченная энерговооруженность как сама собой разумеющаяся ценность будет поставлена под сомнение?

Не раз уже отмечалось, что человечеству (как и каждому человеку в отдельности) нелегко бывает отказаться от устоявшихся представлений. Однако это приходится делать всякий раз при столкновении с новыми, ранее непознанными реалиями безграничного в своем разнообразии мира.

Не исключено, что некоторый будущий уровень энерговооруженности космической цивилизации послужит отправным пунктом для постановки необычайных задач, лежащих в принципиально «неэнергетической» сфере. Содержание их сейчас мы даже не можем представить. Однако решение этих задач сделается насущной, неотложной потребностью землян и приобретет самостоятельное значение, причем энергетика как таковая отойдет на задний план. Нечто подобное мы наблюдаем при развитии живых существ, когда происходит последовательное, многоступенчатое разворачивание взаимосвязанных биологических и социальных потребностей.

Диалектику такой «многоступенчатости» хорошо уловил философ В. Ф. Сержантов, указывавший, что вновь возникающее звено жизнедеятельности может сперва оказаться лишь новым способом осуществления уже наличных потребностей, а затем стать само потребностью и телеономно (телеономия — так называемый целевой подход) подчинить себе старые потребности как средства и способы своего осуществления. Складывается своеобразная иерархия потребностей — целей, в своей организации отображающая их собственный путь развития. Примером может являться половая любовь человека и основывающийся на ней брак. Сексуальное влечение и родительский инстинкт оказываются лишь инстинктивной основой любви, которая чрезвычайно индивидуально, личностно опосре-

дуются и видоизменяются в зависимости от черт, устремлений и духовных потребностей индивида [Сержантов, 1974].

Многоступенчатое развертывание потребностей космической цивилизации может привести к такому положению, что самые, как кажется пыле, главные цели станут тактическими звеньями более долговременных, стратегических программ.

С этих позиций неутоленная пока энергетическая жажда человечества — только лишь протопотребность, в борьбе за удовлетворение которой в чреве космонавтики зачато и выплывает неведомое и чудесное детище прогресса. Развитие этого детища станет первой жизненной потребностью рода людского, потому будет неудержимым и властительно подчинит себе и энергетику, и космонавтику — «погоню за светом и пространством», породившую его.

Если проанализировать соотношения между энергией и энтропией, то невольно возникает мысль о возможном характере этого (пока — гипотетического, но в будущем — магистрального) направления освоения космоса. Видимо, оно будет связано с более глубоким пониманием той роли, которую играет в природе отрицательная энтропия (негэнтропия) (рис. 21).

Представления об энергии как о Царице Мира, а об энтропии — как о ее тени, высказывавшиеся некоторыми авторами на рубеже XIX—XX вв., надлежит поместить местами. По меткому выражению американского физика Р. Эмдена, «в гигантской фабрике естественных процессов энтропия занимает место директора, который предписывает характер и способ ведения всех сделок, в то время как закон сохранения энергии — всего лишь «бухгалтер», приводящий в равновесие дебет и кредит» [цит. по: Певзнер, 1977, с. 49].

Неверно было бы воспринимать потребность человечества в энергии как нечто изменяющееся только количественно. Нельзя игнорировать тенденции к освоению различных ее форм, видов, диапазонов и участков спектра, т. е. к использованию ее во всем доступном разнообразии. А раз энергетическая потребность есть свойство изменяющееся, эволюционирующее, усложняющееся, то мы вправе рассматривать эту потребность как своеобразную первооснову, потенциальный посетитель грядущих потребностей космической цивилизации.

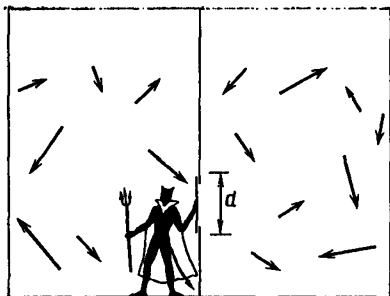


Рис. 21. Демон Масквелла — гипотетическое сверхразумное существо, преобразующее неупорядоченное состояние в упорядоченное

Роль демона состоит в том, чтобы быстро открывать задвижку при приближении к ней быстрой молекулы слева и медленной молекулы справа. В результате демону удалось бы отделить друг от друга быстрые

и медленные молекулы гораздо скорее, чем это шло бы путем статистической флуктуации (в отсутствие задвижки). Для различных быстрых и медленных молекул требуется ровно один бит информации. Поэтому информацию можно рассматривать как источник отрицательной энтропии (или негэнтропии), которую демон Максвелла передает газу при каждом открывании задвижки (т. е. при использовании одного бита информации) [по: Кемпфер, 1972]

«Большая птица начнет свой первый полет на спине своего большого лебедя, наполняя Вселенную изумлением, наполняя славой все писания, создавая вечную славу гнезду, из которого она вылетела», — писал Леонардо да Винчи в «Кодексе о полете птиц» [цит. по: Полещук, 1964]. Эта чудесная «большая птица» — новое учение об энтропии — ждет момента, чтобы отделиться от учения об энергии и начать самостоятельный полет.

Исследование закономерностей, присущих в различных условиях энтропийным и негэнтропийным процессам в живой и неживой природе, может привести к неожиданным открытиям, коренным образом меняющим картину мира. Спрогнозировать такие открытия — значит предвосхитить потребности и задачи людей будущих столетий. В результате этих открытий энергетика, информатика и другие области науки могут до неузнаваемости изменить свой облик и занять положение отраслей, подчиненных и зависимых от принципиально нового фронта научно-технического прогресса. Ориентация этого фронта на космос придаст космонавтике новые, непредсказуемые пока грани и аспекты, сообщит могучие импульсы к ее развитию. Прежние цели, пути и средства покорения космоса покажутся столь же примитивными, какими предстают сейчас колесницы

египетских фараонов по сравнению с реактивными лайнерами.

Картину межзвездного будущего человечества пытались нарисовать участники прогностического исследования, анализ материалов которого предприняли сотрудники фирмы «Рэнд Корпорейшн» Т. Гордон и О. Хелмер. Были спрогнозированы сроки 11 этапных событий в области освоения космоса.

1. Первый пилотируемый полет к Юпитеру — 2029 г. (2024—2037 гг.).

2. Первый пилотируемый полет к границам Солнечной системы (расстояние до Нептуна или Плутона) — 2058 г. (2045—2070 гг.).

3. Колонизация космоса большими группами людей (более 1000 человек), включая колонизацию Луны — 2024 г. (2020—2030 гг.).

4. Интенсивное использование естественных ресурсов Солнечной системы, включая лунный материал — 2040 г. (2030—2050 гг.).

5. Быстрые, надежные полеты в пределах Солнечной системы — 2040 г. (2030—2050 гг.).

6. Зондирование одной из планет, расположенных вне пределов Солнечной системы — 1992 г. (1990—1995 гг.).

7. Первый полет беспилотного зонда за пределы Солнечной системы — 2054 г. (2045—2060 гг.).

8. Первый полет пилотируемого зонда за пределы Солнечной системы — 2140 г. (2130—2200 гг.).

9. Колонизация одной из планет, расположенных вне пределов Солнечной системы, экспедицией, которая стартует из Солнечной системы — 2260 г. (2210—2320 гг.).

10. Разработка искусственного интеллекта, равноценного интеллекту человека — 2058 г. (2020—2071 гг.).

11. Установление контактов с внесезными цивилизациями (не обязательно путем налаживания связей) — 2066 г. (2050—2100 гг.).

«На повестку дня» грядущих поколений может встать целенаправленное насаждение жизни в отдаленных районах Галактики и за ее пределами. Анализ глубоких парадоксов, связанных с проблемой черных дыр, приводит к пониманию последних как фундаментальных особенностей в структуре пространства—времени, которые могут быть использованы для неограниченного развития и экспансии сверхцивилизаций в другие Вселенные, для быстрого продвижения по про-

странству—времени. Н. С. Кардашевым дано научное обоснование таких транспортировок [цит. по: Шкловский, 1976].

Высказываются (пусть пока в форме научно-фантастических рассказов) идеи о возможности конструирования искусственных Вселенных в космологических масштабах пространства—времени. За этими соображениями скрывается совершенно отличная от прежней постановка вопроса о том, как взаимообусловлены существование жизни и разума и фундаментальные свойства Вселенной. Исследователи приходят к формулировке так называемого антропного принципа: ни в какой другой Вселенной с иными законами физики и существенно отличающимися физическими свойствами невозможно образование сложных структур — атомов, молекул, планет, звезд и галактик, невозможно и существование биологических систем [Комаров, Панов-кип, 1984].

Одна из первых формулировок антропного принципа, принадлежащая советскому космологу А. Л. Зельманову, гласит: мы являемся непосредственными свидетелями природных процессов определенного типа, потому что процессы иного типа протекают без свидетелей. С позиций антропного принципа перефразирован классический афоризм Декарта. Вместо «Я мыслю — значит, я существую» провозглашается «Я мыслю, поэтому мир таков, каков он есть».

В связи с этим следует заметить, что подобные гипотезы безусловно имеют право на существование, по нуждаются в тщательном естественнонаучном, фактологическом обосновании и в серьезном философском осмыслении. Полет фантазии и рассмотрение отдаленнейших перспектив необходимо подкреплять конкретными данными, связывать теорию с общечеловеческой практикой. В противном случае теория найдет свой печальный финиш в болоте идеализма, солипсизма и волюнтаризма. Идеи о всемогуществе человеческого разума и о сотворении искусственных галактик обращаются в пустое фразерство и утопию, как только отрешаются от материалистического мировоззрения.

Ранее говорилось о нежелательных последствиях «технологического оптимизма» периода 60-х годов, когда достижения научно-технического прогресса преподносились как самодостаточный гарант будущего, рисуемого в розовом свете и избавленного от стрессов

и противоречий. Некоторые авторы приписывали тогда космонавтике роль панацеи — универсального средства от всех бед. Тем самым она представляла в отрыве от общечеловеческой практики, от конкретно-исторических процессов. Завышенные ожидания, как это всегда бывает, обернулись разрушенными иллюзиями, «космический оптимизм» сменился опустошенностью и скепсисом. Остался верен космонавтике тот, кто трезво и здраво оценил ее возможности и место в общей системе научно-технического и социально-экономического прогресса.

Нечто подобное воспроизводится ныне и в области космического прогнозирования. Глубокий анализ предстоящих битв с силами природы подчас подменяется поверхностными декларациями об отсутствии каких-либо пределов развития; вместо выявления скрытых «за горизонтом» противоречий начинают жонглировать близкими датами грядущих, якобы запрограммированных побед. Тем самым наносится ощутимый ущерб такому полезному и важному делу, каким является космическое прогнозирование.

Вот почему так важно при прогнозировании будущего космонавтики подвергать анализу то, что в будущем может ограничить ее рост и развитие.

Уже при предварительном рассмотрении удастся выделить три группы возможных сдерживающих факторов: во-первых, экологические ограничения; во-вторых, возможное появление альтернативных, более приоритетных сфер социально-экономической активности; в-третьих, военно-политические ограничения. Не претендуя на окончательное решение вопроса, было бы полезно вкратце обсудить реальность каждой из этих «тормозных колодок» космонавтики.

Экологические ограничения на пути в космос у врачей ассоциируются с токсическими дозами лекарственного средства. Ведь почти каждое лекарство при превышении оптимальной дозировки оказывает неблагоприятное действие, может «сработать», как яд. Речь идет о «терапевтических дозах» космонавтики — выборе таких темпов и масштабов ее роста, которые облегчали бы участь людей, способствовали бы решению глобальных проблем, но не создавали бы при этом дополнительных трудностей. Эти трудности, могущие возникнуть при педальном и несбалансированном подходе, подобны токсическому эффекту от несвое-

временного или чрезмерного употребления благотворного самого по себе средства.

Не раз писалось, и остается лишь повторить, что крупные географические открытия, как правило, сопровождались экспансией опасных микробов в центры цивилизации. Незнание законов эпидемиологии не было смягчающим обстоятельством для миллионов людей — жертв страшных эпидемий чумы, холеры, желтой лихорадки. Расплата за незнание микробиологической обстановки во вновь осваиваемых регионах была жестокой. Фактически это была расплата за опережение практикой теории, расплата за вступление в пределы, еще не изученные к тому времени медицинской наукой.

Как известно, экипажи первых «Аполлонов», вернувшиеся с Луны, проходили длительный карантин на случай, если бы с Луны были завезены болезнетворные микроорганизмы. Таких микроорганизмов на Луне не оказалось. Но дело даже не в них, а в принципиальной необходимости быть бдительными и охранять нашу Землю от любых чужеродных космических факторов, в чем бы они ни состояли. Чрезвычайно важно научное предвосхищение возможности встречи с такими вредоносными факторами в разных районах космоса. В этом отношении особое значение следует придавать биологической индикации будущих трасс пилотируемых полетов — своеобразной биологической разведке.

Однако опасность может прийти не только из дальнего космоса, но и постепенно распространиться от траекторий выведения кораблей и спутников с земных космодромов. Новым аспектом проблемы охраны окружающей среды несколько лет назад сделался контроль за озоносферой — слоем озона, находящимся в верхней атмосфере и защищающим все живое на поверхности нашей планеты от жесткой солнечной ультрафиолетовой радиации. Ее прямое воздействие на земные организмы губительно. В выхлопных газах реактивных двигателей содержится окись азота (NO), которая при взаимодействии с озоном отщепляет от него один атом кислорода. Ряд производств, прямо или косвенно связанных с авиакосмической индустрией, выбрасывает в атмосферу фреон в количестве свыше 500 тыс. т в год. Фреон поднимается вверх и, будучи очень стойким газом, накапливается в атмосфере. В результате воздействия солнечных квантов от фреона отщепляется атом хлора, который также разрушает озон. Самый неблаго-

приятный факт во всей этой цепи событий — последующее восстановление окиси азота и хлора, которые вновь и вновь вступают в реакцию с озоном. Следовательно, они действуют как катализаторы, и один атом хлора может разрушить миллионы молекул озона [Сагдеев, Зайцев, 1976]. Итак, массовое бесконтрольное применение авиакосмической техники чревато нарушениями экологически значимых характеристик земной атмосферы.

С немалыми ограничениями сталкиваются и энтузиасты космической гелиоэнергетики. По расчетам фирмы «Боинг», для строительства космической гелиостанции мощностью 10 млн кВт необходимо 730 стартов космического корабля многократного использования «Спейс Шаттл». Другие расчеты, выполненные специалистами этой же фирмы, указывают на необходимость около 1000 стартов ракеты-носителя, способной вывести на околоземную орбиту полезную нагрузку до 400 т. (Напомним, что наиболее мощный носитель «Сатурн-5», созданный американцами для лунных полетов, обеспечивал выведение на околоземную орбиту полезного груза до 139 т.) В ходе всей кампании по доставке конструктивных элементов гелиостанции на орбиту в атмосфере Земли должны быть сожжены миллионы тонн топлива, выделится соответствующее количество углекислого газа и вредных примесей.

Если космическая энергетика претендует на удовлетворение хотя бы 10% от запросов земной цивилизации, которые она предъявит через 200 лет, современные ракеты на углеводородных химических топливах должны сжечь 10^{12} т этого топлива. Это в 5 раз больше, чем сейчас содержится углекислого газа в атмосфере Земли. Не видя выхода из ситуации, пессимисты заключают: продукты сгорания во время этих бесчисленных космических стартов удушат, погубят Землю [Голованов, 1985б].

Возникают также серьезные вопросы, касающиеся транспортировки на Землю энергии в микроволновом диапазоне: как повлияет мощный микроволновый пучок на строение ионосферы, на экологическое равновесие. Ныне активно проводятся работы по исследованию конструкций радиаторов системы терморегулирования для перспективных космических аппаратов. Земля, часто сравниваемая с космическим кораблем (степень перспективности которого не должна вызывать сомнений),

в условиях необычайно повышенного энергопитания из космоса также будет нуждаться в принципиально новых средствах регуляции теплового режима.

К числу факторов, способных задержать развитие космонавтики, относятся и альтернативные сферы социально-экономической активности, которые при некоторых условиях могут приобрести приоритетное значение. Одной из таких сфер в последние годы более явно вырисовывается Мировой океан. Гидросфера представляется достаточно конкурентоспособным по сравнению с космосом вариантом для человеческой экспансии с поверхности суши. Отмечается все возрастающее потребление продуктов моря, использование нетрадиционных пищевых продуктов сугубо морского происхождения. Создаются морские фермы, ведется хозяйство с упором на морской промысел, и не только рыбный. Япония и некоторые другие страны освоили и используют плантации моллюсков. Роль океана велика еще и потому, что значительная часть кислорода поступает в атмосферу Земли с водных пространств, где ведет свою жизнедеятельность планктон.

Освоение дна океана проходит ныне важную фазу, связанную с постепенно открывающейся возможностью работать на больших глубинах в легких водолазных костюмах. Континентальный шельф становится все более населенным, и движущей силой этого процесса во многом выступает энергетический кризис. Нефть и газ, добываемые «со дна морского», позволяют лучше удовлетворять аппетиты транспорта и других отраслей экономики. В декабре 1985 г. советские акванавты методом длительного пребывания под повышенным давлением осуществили в Баренцевом море глубоководный спуск на глубину 300 м. При этом они выполняли элементы работы, которая реально потребуется от них при промышленной эксплуатации нефтегазопроводов, проложенных по дну на больших глубинах [Храмцов, 1985].

Минеральные и биологические ресурсы Мирового океана чрезвычайно велики; и при разумном подходе обеспечат благосостояние миллиардов землян на многие века. После разработки промышленных реакторов управляемого термоядерного синтеза водород океанской воды сделается источником энергии, колоссально космическим по величине, но исключительно доступным и близким исходя из своего земного происхождения.

Энергия океана позволит осуществить дерзновенные замыслы фантастов о покорении подземного царства. Уже теперь становится возможным бурение скважин на глубины до 14 км, где возраст пород составляет около 600 млн лет. В недрах Земного шара, скованных чудовищными давлениями, таятся несметные сокровища. Дело лишь за техникой, способной преодолевать твердь гранитов и базальтов так, как подводные суда преодолевают океанские глубины. Если бы путешествие к центру Земли, воспетое Ж. Верном, стало в ряд технически достижимых задач, что наука обогатилась бы не меньше, чем в результате самых дальних космических экспедиций.

Фантазия может парисовать корабли недр — подземные «кроты»-вездеходы, пилотируемые отважными исследователями литосферы. В глубинах Земли, где сейчас лишь изредка гостят спелеологи, могут возникнуть гигантские искусственные лабиринты, целые поселки и города. Требования к среде обитания будут столь высокими, что различия наземного и подземного существования сойдут на нет. Уже и теперь миллионы жителей крупных городов солидную часть своего суточного бюджета времени отдают подземному царству, передвигаясь в туннелях метрополитенов. Литосферные поселения будущего удастся избавить от скученности. По удобству для труда и жизни человека они ничем не уступят «цилиндрам» О'Нейла. Естественный солнечный свет будет струиться с поверхности Земли по системам световодов, под высокими сводами будут на обширных территориях произрастать леса и сельскохозяйственные культуры, а земные недра предоставят тепловую энергию и минеральные ресурсы. Земной шар сможет служить своим обитателям не только поверхностью, но и объемом, где в различных слоях земной коры разместятся искусственные жизненные пространства для миллиардов людей. Во всяком случае, эта возможность не менее реальна, чем переделка астероидов для жизни космических поселенцев.

Однако сейчас и на поверхности нашей планеты имеются большие резервы для размещения многих миллиардов людей. Несмотря на наличие отдельных перенаселенных районов, средняя плотность населения в мире невелика. Из 150 млн км² земной суши пригодными для обитания считаются 50—65 млн км². Под сельскохозяйственные угодья занято примерно 1,5 млн

км². В СССР только 9% территории суши занято посевными площадями сельскохозяйственных культур, а промышленность, города, поселки и транспортные коммуникации занимают всего 0,8%. Имеются расчеты, показывающие возможность свободного размещения на поверхности земной суши населения, в 3—7 раз превышающего нынешнее, следовательно, 15—30 млрд человек [Лопатников, 1983].

Сибирская тайга, приполярные области, Антарктида, пустыни — вот регионы Земли, освоение которых может составить серьезную альтернативу космическим проектам.

Значительной составной частью освоения земных пространств должна стать забота о возобновлении и расширении лесных ресурсов. В первые послевоенные годы Д. Д. Шостакович написал кантату «Украсим Родину лесами». Эту кантату хочется провозгласить лейтмотивом земной деятельности всего человечества: ведь, как известно, один гектар леса дает 7 т кислорода в год и обеспечивает дыхание 300 человек. Сохранение и приумножение лесного богатства — «зеленого золота» — должно приобрести ныне планетарный, космический размах.

Итак, на Земле еще хватит дел, да и жизненного пространства для миллиардов людей, чьими годами рождения будут значиться 2000-й и последующие годы приближающегося столетия. Оценивая в этой связи динамику космической экспансии, некоторые исследователи проводят историческую параллель и уподобляют нынешний этап космонавтики той паузе, которая наступила после открытия Нового Света, прежде чем люди стали заселять его территории.

Однако эта пауза грозит затянуться. Причина этому — не планы земного переустройства, а планы милитаризации космоса. Военно-политические ограничения, накладываемые распространением гонки вооружений на космическое пространство, сделают невозможной любую крупномасштабную созидательную космическую деятельность.

Пока ведутся дискуссии о том, как лучше сочетать мирное исследование космоса с охраной природной среды, кто-то планирует порядок сочетания ударных космических вооружений с боевыми действиями на Земле. Эффективность способов массового уничтожения превзошла, казалось бы, самые зловещие мечты. Кто-то

подсчитывает, сколько надо посадить деревьев, а кто-то трудится над повышением убойной силы отравляющих веществ. Чтобы умертвить одного человека, в 1914 г. требовалось 1000 мг иприта. Фосфорорганические отравляющие вещества, созданные в 60-х годах, оказались в 10 тыс. раз эффективнее. Токсин ботулизма эффективнее их еще в 1000 раз. Не проходит и часа, как с конвейеров сходит ядерная бомба, не уступающая сброшенной на Хиросиму. Военный бюджет США превалил за астрономическую сумму 300 млрд долл. в год. Все большие средства отпускаются на военные космические программы.

Американские стратеги еще в 60-е годы провозгласили переход от естественной безопасности, обусловленной географическим положением, к искусственной [Галлуа, 1962]. Логическим продолжением этой военно-стратегической доктрины является так называемая стратегическая оборонная инициатива (СОИ), в которой искусственность (в смысле независимости гигантского механизма «звездных войн» от человека) доведена до абсурда. Судьба миллионов и миллиардов людей перепоручается автоматическим системам, в случае ошибки которых (а она отнюдь не исключена) вмешательство представителей политического и военного руководства уже будет невозможно и обмен ракетно-ядерными ударами ничто не сможет задержать. Такая ситуация возникает в глобальном масштабе впервые в человеческой истории. Для создания техники СОИ должны быть привлечены средства, оцениваемые, по разным данным, от 500 млрд до 1 триллиона долларов. Сообщалось о первых испытаниях лазерного оружия, которое предполагается заложить в основу системы ударных космических вооружений. Неоднократно указывалось на использование в военных целях программы полетов космических кораблей многоразового использования «Спейс Шаттл».

Как подчеркивают советские руководители, милитаризация космоса ляжет тяжким психологическим грузом на жителей любой страны, создаст атмосферу всеобщей нестабильности и неуверенности. Если же учесть миллиардные непроизводительные расходы — суммы, выброшенные даже не на ветер, а в безвоздушное пространство, для раскручивания там маховика гонки вооружений, — то мало останется надежд на осуществление мирных созидательных проектов вне Земли.

км². В СССР только 9% территории суши занято посевными площадями сельскохозяйственных культур, а промышленность, города, поселки и транспортные коммуникации занимают всего 0,8%. Имеются расчеты, показывающие возможность свободного размещения на поверхности земной суши населения, в 3—7 раз превышающего нынешнее, следовательно, 15—30 млрд человек [Лопатников, 1983].

Сибирская тайга, приполярные области, Антарктида, пустыни — вот регионы Земли, освоение которых может составить серьезную альтернативу космическим проектам.

Значительной составной частью освоения земных пространств должна стать забота о возобновлении и расширении лесных ресурсов. В первые послевоенные годы Д. Д. Шостакович написал каптату «Украсим Родину лесами». Эту каптату хочется провозгласить лейтмотивом земной деятельности всего человечества: ведь, как известно, один гектар леса дает 7 т кислорода в год и обеспечивает дыхание 300 человек. Сохранение и приумножение лесного богатства — «зеленого золота» — должно приобрести ныне планетарный, космический размах.

Итак, на Земле еще хватит дел, да и жизненного пространства для миллиардов людей, чьими годами рождения будут значиться 2000-й и последующие годы приближающегося столетия. Оценивая в этой связи динамику космической экспансии, некоторые исследователи проводят историческую параллель и уподобляют нынешний этап космонавтики той паузе, которая наступила после открытия Нового Света, прежде чем люди стали заселять его территории.

Однако эта пауза грозит затянуться. Причина этому — не плапы земного переустройства, а планы милитаризации космоса. Военно-политические ограничения, накладываемые распространением гонки вооружений на космическое пространство, сделают невозможной любую крупномасштабную созидательную космическую деятельность.

Пока ведутся дискуссии о том, как лучше сочетать мирное исследование космоса с охраной природной среды, кто-то планирует порядок сочетания ударных космических вооружений с боевыми действиями на Земле. Эффективность способов массового уничтожения превзошла, казалось бы, самые зловещие мечты. Кто-то

подсчитывает, сколько надо посадить деревьев, а кто-то трудится над повышением убойной силы отравляющих веществ. Чтобы умертвить одного человека, в 1914 г. требовалось 1000 мг иприта. Фосфорорганические отравляющие вещества, созданные в 60-х годах, оказались в 10 тыс. раз эффективнее. Токсин ботулизма эффективнее их еще в 1000 раз. Не проходит и часа, как с конвейеров сходит ядерная бомба, не уступающая сброшенной на Хиросиму. Военный бюджет США перевалил за астрономическую сумму 300 млрд долл. в год. Все большие средства отпускаются на военные космические программы.

Американские стратеги еще в 60-е годы провозгласили переход от естественной безопасности, обусловленной географическим положением, к искусственной [Галлуа, 1962]. Логическим продолжением этой военно-стратегической доктрины является так называемая стратегическая оборонная инициатива (СОИ), в которой искусственность (в смысле независимости гигантского механизма «звездных войн» от человека) доведена до абсурда. Судьба миллионов и миллиардов людей перепоручается автоматическим системам, в случае ошибки которых (а она отнюдь не исключена) вмешательство представителей политического и военного руководства уже будет невозможно и обмен ракетно-ядерными ударами ничто не сможет задержать. Такая ситуация возникает в глобальном масштабе впервые в человеческой истории. Для создания техники СОИ должны быть привлечены средства, оцениваемые, по разным данным, от 500 млрд до 1 триллиона долларов. Сообщалось о первых испытаниях лазерного оружия, которое предполагается заложить в основу системы ударных космических вооружений. Неоднократно указывалось на использование в военных целях программы полетов космических кораблей многоразового использования «Спейс Шаттл».

Как подчеркивают советские руководители, милитаризация космоса ляжет тяжким психологическим грузом на жителей любой страны, создаст атмосферу всеобщей нестабильности и неуверенности. Если же учесть миллиардные непроизводительные расходы — суммы, выброшенные даже не на ветер, а в безвоздушное пространство, для раскручивания там маховика гонки вооружений, — то мало останется надежд на осуществление мирных созидательных проектов вне Земли.

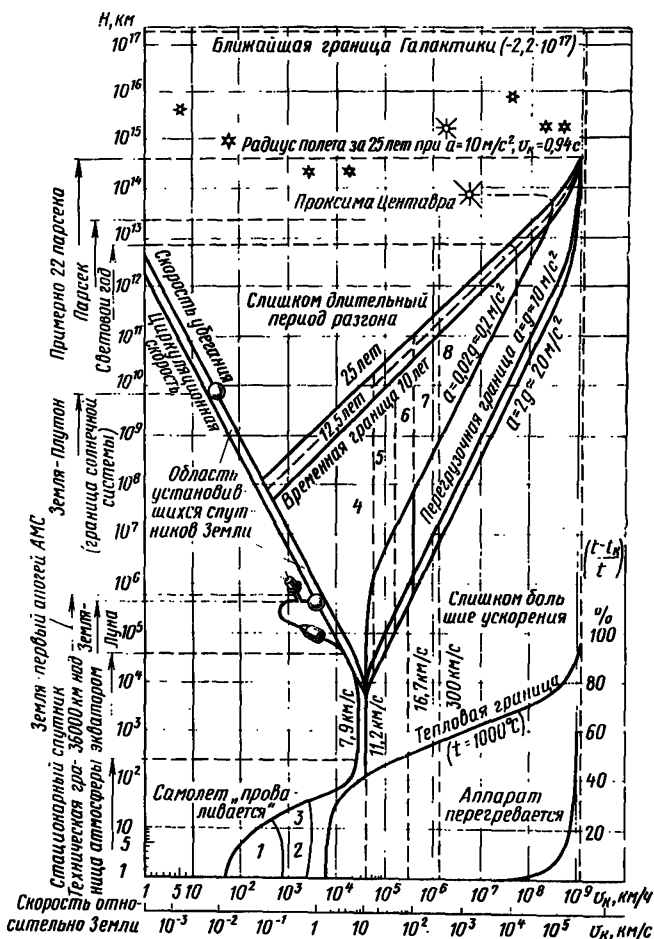


Рис. 22. Области возможных скоростей и расстояний полета относительно Земли и двигателя, пригодные для их освоения [по: Перельман, 1967]

1 — самолеты с турбовинтовыми двигателями; 2 — турбореактивные двигатели; 3 — жидкостные реактивные двигатели; 4 — ядерные ракеты; 5 — электротермические двигатели; 6 — электроплазменные и ионные двигатели; 7 — ионные двигатели; 8 — квантовые ракеты

международного сотрудничества и средством снижения напряженности в отношениях между двумя странами. Вместе с тем участники симпозиума согласились с тем, что самые серьезные препятствия носят не технический, а политический характер.

Преодоление этих препятствий позволит сбыться многим смелым прогнозам и проектам, включающим в свою сферу околоземное пространство, Луну, Марс и Венеру, астероиды, спутники планет-гигантов. Если удастся преодолеть эти препятствия, человечество уверенно зашагает по ступеням освоения Солнечной системы. Произойдет сначала разведочное, а затем экспедиционное освоение всех ее регионов. Вслед за автоматами и кораблями, предназначенными для биологической индикации новых трасс, последует человек. К освоению планет и их спутников будут подключены специальные транспортные средства — планетоходы различных типов. На орбитах будут постоянно работать крупногабаритные пилотируемые станции с экипажами космонавтов-специалистов. Лунные и планетарные базы станут надежным приютом для все возрастающих отрядов исследователей. Свободное пространство и поверхность небесных тел превратятся в гигантские строительные площадки. Люди развернут во многих районах космоса средства самообеспечения и промышленного производства. Земные корабли устремятся за пределы Солнечной системы и достигнут окрестностей ближайших звезд (рис. 22).

Такова в общих чертах прогнозируемая картина космонавтики будущего столетия. В обеспечение прогнозируемых тенденций и направлений решается важная задача, связывающая век нынешний и век грядущий — перспективное планирование освоения космоса.

Перспективное планирование и обеспечение прогнозируемых тенденций. Подготовка кадров, разработка научных концепций, создание инфраструктуры промышленного освоения, удешевление, обеспечение безопасности полетов, предупреждение их отрицательного воздействия на среду. Увязывание темпов и форм освоения космического пространства с прогнозируемой эволюцией социальных потребностей общества, с демографическими факторами, требованиями рационального использования ресурсов, с возможными деформациями, обусловленными переносом гонки вооружений в космическое пространство. Вовлечение освоенных регионов космического пространства в сферу непроизводственного использования (научные исследования, лечение некоторых форм заболеваний, туризм и т. д.). Преобразующее влияние программ освоения космоса на природу, экономику, общественные отношения, искусство и т. д.

Сегодня идет третье десятилетие космической эры. Находит все новые подтверждения высказанная академиком В. П. Глушко оценка космонавтики как достаточно полной модели научно-технических проектов будущего. Размах работ по космической технике сейчас достиг такого масштаба, что возникла необходимость в создании специального органа, координирующего работы по созданию и использованию космической техники для народного хозяйства, научных исследований и выполнению обязательств СССР, предусматриваемых соглашениями с иностранными государствами и организациями. В эффективном использовании космических средств заинтересованы многие министерства, ведомства и научные организации. Эти обстоятельства привели к решению об образовании в нашей стране Главного управления по созданию и использованию космической техники для народного хозяйства и научных исследований — Главкосмоса СССР¹.

Начальник Главкосмоса СССР А. И. Дунаев, рассказывая о задачах нового ведомства, в ряду других особо выделил разработку перспективных планов, комплексных программ создания средств космической техники и организацию соответствующих работ.

Ясно, что космонавтика должна охватывать самые передовые отрасли инженерного дела и техники, связи, навигации, астрономии, геологии, метеорологии, физиологии и биологии, отрасли науки, занимающиеся изу-

¹ Создан Главкосмос СССР // Известия. 1985. 12 окт.

чением взаимодействия человека, динамических систем и машин, деятельности человека и живых организмов. Космические исследования связаны также с разработкой средств и методов руководства крупными проектами, с внешней политикой и дипломатией, финансовой политикой, почти со всеми отраслями промышленного производства и рядом социальных наук. Можно сделать вывод о чрезвычайной серьезности решений, необходимых для слияния воедино такого множества сфер многогранной деятельности человека и для создания экономически обоснованных, четко скоординированных и быстро развивающихся программ. При управлении космическими программами во многих случаях необходимо принимать решения по кардинальным вопросам до того, как полностью выяснены факторы, могущие определить успех или неуспех. Об этих проблемах думают не только в СССР.

Так, Р. Сименс [1969], занимавший в период подготовки проекта «Аполлон» должность заместителя директора НАСА США, рассматривая вопросы технического прогнозирования и перспективного планирования в космонавтике, утверждает, что без ясного видения перспективы невозможно решать задачи освоения космического пространства. Взгляд в будущее позволяет установить этапность решения главной проблемы, обеспечивает ее четкую формулировку и показывает пути ее решения во взаимосвязи с другими проблемами.

В статье академика Р. З. Сагдеева, написанной им в соавторстве с Ю. И. Зайцевым, еще 10 лет назад опубликованной, что космические исследования все больше становятся обычным видом научно-исследовательской деятельности, а космос — рабочим местом, лабораторией ученых. Ныне данная оценка тем более справедлива. Р. З. Сагдеев и Ю. И. Зайцев [1976] отмечали четыре главных направления космических исследований, ориентированных соответственно на Солнце, Землю, Луну, планеты и малые тела Солнечной системы, дальний космос. Когда авторы писали о более дальней перспективе, ими была затронута проблема доставки к планетам больших масс, в том числе с применением двигательных установок, на новых физических принципах. Была также сформулирована задача создания космических кораблей, которые, будучи оснащенными средствами сверхдальней связи, совершенными навигационными приборами и системами жизнеобеспечения,

сделают возможными многолетние межпланетные путешествия. Эти будущие достижения космонавтики все еще не вышли из стадии перспективного планирования.

Для построения долгосрочных планов исключительно важно правильное определение и всестороннее обоснование роли человека в освоении космоса. Длительные экспедиции на борту станций «Салют-6» и «Салют-7» развеяли последние сомнения скептиков, высказывавшихся за космические автоматы. Однако бесспорно, что автоматика выступает мощным усилителем интеллектуальных и физических возможностей человека; речь идет об оптимальном для каждого конкретного случая их сочетании.

Обстоятельному анализу подверг роль человека в освоении космоса доктор Путткамер (ФРГ). Его взгляды отличаются реализмом и оригинальностью, и, хотя с некоторыми положениями можно поспорить, они достойны более подробного изложения.

Путткамер заявляет, например, что с созданием первых поселений в космосе политические факторы и престиж в мировом масштабе будут иметь главное значение. Высокое предназначение человека в освоении космоса пока используется как инструмент пропаганды и политического давления¹. Здесь буржуазный исследователь не может грамотно расставить акценты. Далее он подчеркивает, что полеты в космос оцениваются в первую очередь с точки зрения социально-экономического развития и перспективы эволюции в будущем. С этим нельзя не согласиться.

Доктор Путткамер предполагает, что развитие различных направлений деятельности человека в космосе будет проходить в три фазы.

¹ Решение о возведении проекта «Аполлон», конечной целью которого провозглашалась высадка американцев на Луну, в ранг «национальной программы», во многом было обусловлено реакцией американской администрации на полет Ю. А. Гагарина. При этом пропагандистские мотивы были доминирующими, о чем свидетельствует послание Конгрессу президента США Дж. Кеннеди от 25 мая 1961 г.: «Если мы хотим выиграть битву, развернувшуюся во всем мире между двумя системами, если мы хотим выиграть битву за умы людей, то последние достижения в освоении космоса должны объяснить всем нам влияние, оказываемое этими событиями повсюду на людей, которые пытаются решить, по какому пути им следует идти.»

Первая фаза (1980—1990 гг.) будет посвящена облегчению систем, выполнению плановых полетов космического корабля «Шаттл», осуществлению полета («Сорти») на геосинхронную орбиту, а также созданию космической транспортной системы и крупногабаритных конструкций в космосе.

Вторая фаза (1990—2000 гг.) будет характеризоваться началом заселения околоземного космоса. В этот период на околоземной орбите будут созданы космическое производство, геосинхронная космическая станция, орбитальная пусковая установка, крупногабаритная космическая гелиоэнергетическая система, космическая рабочая база.

И, наконец, третья фаза (после 2000 г.) будет отличаться от предыдущих созданием автономии в космосе. В этот период будут созданы заводы по производству чистых материалов, лунная база, мощные электростанции и экологически замкнутая система обитания.

Путткамер считает — и это действительно так, — что выполненные полеты раскрывают возможности каждой страны, ее технический прогресс. Проведенные эксперименты дают возможность исследования Вселенной с орбиты, получения новых материалов, выполнения ремонта. Анализ полетов показал — автор и в этом недалек от истины, — что человек, вероятно, сможет успешно работать в космосе в течение 12 месяцев, а это является основой для планирования будущих длительных полетов.

В будущих космических системах необходимо участие человека, поэтому требования, разработанные для космической техники, будут отражать вопросы эргономики, комфорта, безопасности работы. Создание первых поселений в космосе потребует разработки технологичной конструкции для простоты сборки сооружений на орбите.

Далее Путткамер вплотную переходит к проблемам обитания и указывает, что орбитальные уникальные конструкции (платформы на низких и геосинхронных орбитах, космические станции и лаборатории, различные транспортные средства) связаны с этими проблемами и имеют системы для экипажа. В понятие «системы для экипажа» включаются: транспортное средство для перемещения экипажа внутри станции, средства обеспечения работ вне станции, манипулятор, фиксаторы, инструменты, пилотируемая установка и телеоператор.

Обитаемость включает в себя численность экипажа, длительность полета, потребный объем для одного человека, а также комфорт, к которому привыкли на Земле.

Будущие космические системы должны соответствовать биомедицинским требованиям. Они отражают вопросы психологии и общей санитарии; мероприятия по защите от декальцинации, сердечно-сосудистых заболеваний, воздействия радиации и болезни движения; развития основ неотложной хирургии в невесомости; определение оптимального режима труда и отдыха. Исполнение будущих космических систем должно усилить веру человека в то, что работа в космосе — нормальное явление, а средства оказания помощи по эффективности не уступают земным.

Характеризуя конструкцию космических поселений, Путткамер считает, что она должна обеспечивать совместную работу поселенцев, располагать средствами передвижения и фиксации в плавучих местах, обладать унификацией в оборудовании с ограниченным числом номенклатуры. Главный упор при создании первых поселений будет сделан на определение окончательного варианта конструкции колонии; создание фундаментальных основ для обитания с разделением зон для отдыха, работы, обеспечения санитарно-бытовых нужд; приближение персонального комфорта к земному с учетом рекомендаций психологов.

Хотя пятилетний «эшелон» планирования и не относится к долговременному масштабу, тем не менее на основании анализа планов, рассчитанных на очередные пять лет, можно составить представление о тех тенденциях и направлениях космонавтики, которые будут реализовываться в более отдаленном будущем. Журнал «Спейс Уорлд», ссылаясь на имеющиеся сведения, указал на четыре следующих направления космических мероприятий, которые, как считают, НАСА планировало на 1984—1988 гг.

Космические полеты. В качестве основной задачи планируется создание орбитальных космических станций. Предусматривается также постепенное совершенствование космического корабля многоразового использования «Спейс Шаттл» в части повышения его грузоподъемности при доставке объектов на низкие околоземные орбиты. Планируется создание телеоператорной маневрирующей системы, предназначенной для доставки объектов, находящихся в «Шаттле» на низких околозем-

ных орбитах, на другие — высокие орбиты. Позднее телескопическая система может быть оснащена набором средств для обслуживания спутников на орбите.

В 1986 г. должны быть начаты работы по созданию платформы на геостационарной орбите для демонстрации возможностей постройки на этой орбите больших антенных систем. Для доставки этой платформы и других больших грузов на геостационарные орбиты планируется разработка космического буксира — межорбитальной транспортировочной системы. Первоначальные исследования этой системы должны были начаться в 1984—1985 гг., а начало ее разработки ожидается не ранее 1987 г. В 1987—1988 гг. планируются летные испытания раскрывающейся антенны, имеющей размах 50 м.

Научные и прикладные исследования в космосе. Для астрофизических исследований планируется разработка перспективных астрофизических средств, большого складывающегося инфракрасного рефлектора, гравитационного зонда, инфракрасного телескопа для установки на «Шаттл», ультрафиолетовой обзорной камеры, солнечного рентгеновского телескопа и ряда других средств для исследования Солнечной системы, Земли, океанов и т. п.

В области биологических исследований планируется дальнейшее изучение способностей человека приспосабливаться к условиям пребывания на космических орбитах, проблем кратковременной адаптации, необходимых медицинских мероприятий и возможностей поддержания здоровья на орбите, разработка биологических модулей для космических станций и других средств в целях долгосрочных исследований на орбитах, разработка замкнутых систем жизнеобеспечения, поиски жизни на других планетах и в других галактиках, а также разработка глобального биологического проекта для изучения Земли как целостной биологической системы. С помощью блоков «Спейслаб» будут проведены эксперименты по исследованию роста растений в космосе и долгосрочные физиологические исследования. Будет также использована центрифуга для изучения гравитационных воздействий на живые организмы.

Исследования в области космической техники. Планируются исследования, связанные с разработкой перспективной тепловой защиты для «Шаттлов», реактивных двигателей многократного использования с большим эксплуатационным ресурсом, чувствительных элемен-

тов (датчиков) нового типа, способных обрабатывать свои собственные данные, электрических систем высокой энергоемкости, складывающихся больших антенных устройств, а также исследования возможностей выполнения человеком в космосе различных работ и методов дистанционного управления космическими объектами.

Отслеживание объектов в космосе и получение данных отслеживания. В качестве ближайшей задачи планируют завершение создания системы спутников для отслеживания объектов в космосе и ретрансляции данных. Эта система должна обеспечить совершенствование и сокращение сети наземных станций слежения за космическими объектами. Перспективные исследования в этой области включают создание высокообъемных линий связи для обеспечения дальних космических полетов, повышения точности космической навигации с использованием данных, передаваемых наземными средствами, улучшения стабильности частот радиосвязи, совершенствования программ математического обеспечения получения и передачи данных, создания высокообъемных средств регистрации и передачи данных для космических кораблей. Планируется также создание ретрансляционных станций в дальнем космосе, использующих лазерное излучение для передачи и получения данных от космических кораблей, исследующих другие планеты.

Таковы некоторые космические планы США на ближайший период. Оценивая их, советские люди с уважением относятся к американскому техническому таланту. Мы будем приветствовать достижения любой страны на пути мирного освоения космоса. Однако, как говорил академик А. П. Александров [1985, с. 2], «мы ни в коем случае не должны допускать отставания, особенно в новых, приоритетных областях». При этом наши ученые и конструкторы не собираются слено копировать передовые на сегодняшний (а чаще на вчерашний) день зарубежные подходы к решению космических проблем, к планированию прогресса космонавтики. «Одно дело искать новые решения, опираясь на все лучшее, что есть в данной области в мировой науке и практике. И совсем другое — положиться на чужие решения».

Советский Союз располагает собственной широко-масштабной программой исследования и освоения космоса, устремленной в будущее на многие годы. В соответствии с партийными документами, в ходе одиннадцатой пятилетки осуществлялось «дальнейшее изучение и

освоение космического пространства в интересах развития науки, техники и народного хозяйства»¹. Еще больший размах эта деятельность получит в двенадцатой пятилетке и в последующий период. В проекте «Основных направлений экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года» записаны положения, жизненно важные для развития молодой и динамичной комплексной научно-технической дисциплины, какой является космонавтика: о повышении научного уровня планирования и об укреплении взаимосвязи долгосрочного прогнозирования, перспективного и текущего планирования. В этом документе мы находим слова, адресованные ко всем советским людям, в том числе — к тем из них, кому предстоит разрабатывать и осуществлять наши космические планы. Следует прежде всего в полной мере привести в действие главный, по сути, неисчерпаемый резерв, заключающийся в человеческом факторе, в людях, в обеспечении высокой организованности, дисциплины и порядка.

Речь идет о *кадрах космонавтики* сегодняшнего и завтрашнего дня — о людях, без труда и энтузиазма которых все планы останутся на бумаге. Здесь наша мысль вновь обращается к основоположнику практической космонавтики С. П. Королеву, личность которого может стать примером для специалистов, связавших свою судьбу с космосом. Последовательное воплощение в жизнь теоретических разработок К. Э. Циолковского было бы невозможно, если бы Королев не владел системным подходом к проблемам.

С. П. Королев мечтал сам принять участие в космическом полете, но этой его мечте не удалось сбыться. Между тем целесообразность работы крупных ученых в космосе ничуть не меньше, чем, скажем, в Арктике и Антарктике. Вспомним, какое сильное влияние оказала на полярные исследования фигура академика О. Ю. Шмидта. Люди такого типа будут необходимы в орбитальных и межпланетных полетах — энтузиасты, организаторы, ученые-энциклопедисты, способные к широкому кругу исследований и к руководству научными коллективами не только в кабинетной тиши, но и в самых что ни на есть экстремальных условиях.

¹ Основные направления экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года // Материалы XXVI съезда КПСС. М.: Политиздат, 1981. С. 146.

Говоря о кадрах космонавтики завтрашнего дня, нельзя не вспомнить тех, кто стоял у истоков профессии космонавта. Ю. А. Гагарин нашел точные и образные слова, дающие представление об отборе первого отряда советских космонавтов. Он писал, что для полета в космос искали горячие сердца, быстрый ум, крепкие нервы, нестигаемую волю, стойкость духа, бодрость, жизнерадостность. Хотели, чтобы будущий космонавт мог ориентироваться и не теряться в сложной обстановке полета, мгновенно откликаться на ее изменения и принимать во всех случаях только самые верные решения. Видимо, эти качества не станут менее ценными ни через десять, ни через сто лет.

Характеристику «гагаринского» отряда дополнил Г. С. Титов. Он подчеркнул универсальность возможных применений каждого из группы молодых, здоровых людей, отобранных для первых орбитальных полетов. Отличное здоровье, хорошее физическое развитие, общая подготовка, интерес к новой работе — это ли отличало их от десятков тысяч других советских парней? Такой отряд мог быть собран после предварительной подготовки и для похода на Южный полюс, и для экспедиции на дрейфующей льдине, и для испытания новых самолетов. Этот отряд мог быть экипажем подводной лодки, бригадой монтажников-высотников на строительстве гидростанции — вообще пригоден для любой работы, которая требует воли, физической закалки и преданности нашему общему делу.

Кто встанет в ряды завтрашних покорителей космоса, какие требования предъявит к ним время? Думается, что качества, которыми обладали пилоты-космонавты «Востоков», будут достойным фундаментом, основой профессиограммы космонавтов XXI в. При этом от них уже не понадобится в ходе полета заниматься «все на свете»: на смену универсальности придет специализация, сочетаемая с широким папорамным видением космических проблем и с основными навыками, обеспечивающими эффективную работу в условиях полета. Взаимозаменяемость членов экипажа сохранится лишь в некоторых разумных пределах.

Видимо, в порядок вещей войдет разделение космонавтов на два типа. Космонавты-профессионалы — пилоты, бортинженеры, штурманы — будут иметь в кругу своих обязанностей организацию и выполнение тех или иных операций по осуществлению полета. С другой сто-

ропы, к работе в космосе станут очень часто привлекаться специалисты разных областей знания: металлурги, биологи, геологи, представители других профессий. И главное, что потребуется от этих специалистов, — это глубокое знание своего предмета. Специалисты, которые составят персонал космических поселений, будут так же отличаться от космонавтов-профессионалов (пилотов, бортинженеров и т. д.), как участники антарктических зимовок отличаются от моряков (судоводителей, механиков), доставляющих их к берегам шестого континента.

Аналогом элементарных типовых процессов — «кирпичиков», из которых поначалу будет складываться здание космической экспансии человечества, — может являться вахтово-экспедиционная форма организации труда при нефтегазодобыче в Восточной Сибири. В последние годы вахтово-экспедиционный метод приобрел массовый характер. Большие контингенты рабочих и специалистов-нефтяников (буровики, монтажники, электрики и т. д.), для того чтобы добраться до места своей работы, преодолевают большие расстояния на самолетах ТУ-154, а затем на вертолетах. Продолжительность этих «земных» вахт измеряется неделями. По аналогии нетрудно представить себе доставку больших трудовых коллективов космическим транспортом на строительство орбитальных платформ, лунных и планетарных баз. Вахты могут продолжаться несколько месяцев, а то и лет.

В земных, да и в космических условиях вахтовый метод целесообразен, когда он используется в одном регионе, когда не надо приезжать на промыслы из далеких городов «Большой Земли». В космических поселениях предстоит большая работа по закреплению кадров, связанная с преодолением психологии временщиков. Космическое поселение станет родным для людей, когда оно сможет их самостоятельно прокормить, когда появятся условия для труда и быта, по комфортности не уступающие земным. В пересчете на мерки новых городских микрорайонов это означает столовые с разнообразным меню, магазины, библиотеки, кинотеатры и видеосалоны, стадионы, бассейны, ателье, пункты проката, мастерские по ремонту одежды, бани, парикмахерские, школы (общеобразовательные, музыкальные, художественные), больницы, родильные дома. По мере обретения таких атрибутов космическое поселение сле-

ляется самостоятельным источником кадров для космических вахтовых поселков, расположенных в прилегающих регионах космоса. Например, вахтовые поселки на спутниках Юпитера целесообразнее обслуживать с марсианской планетарной базы, нежели с Земли.

Важно отметить, что применение вахтового метода в Восточной Сибири стало возможным лишь в результате глубоких медико-биологических исследований процесса адаптации человека к климато-географическим условиям и к своеобразному режиму труда и отдыха. Само собой разумеется еще большая необходимость таких исследований для налаживания космических маятниковых миграций больших масс населения.

Структура занятости населения крупных планетарных баз и «эфирных городов», по-видимому, не должна принципиально отличаться от того распределения, какое наблюдается в крупных популяциях на Земле; установятся примерно те же «земные» соотношения между численностью тружеников промышленности, сельского хозяйства, сферы обслуживания, науки и управления и т. д. Эти соотношения должны неуклонно достигаться по мере наращивания темпов последовательного вовлечения людей в деятельность за пределами земной атмосферы.

К моменту старта В. А. Джалибекова и В. П. Савиных 6 июня 1985 г., отправившихся на встречу со станцией «Салют-7», в космосе побывало 168 землян. Американские специалисты считают, что к середине 90-х годов более 300 человек (а некоторые из них — неоднократно) примут участие примерно в 200 орбитальных полетах кораблей «Спейс Шаттл». Возрастные пределы и другие аналогичные барьеры, использовавшиеся раньше при отборе астронавтов, при этом нивелируются. Вся программа «Спейс Шаттл» в этом отношении напоминает операции самолетов гражданских авиалиний.

В связи с увеличением массовости космических полетов встает вопрос о пропорции, в которой будет соотноситься число людей, летающих в космосе, и число людей готовящих и обеспечивающих их полет на Земле. По некоторым данным, в период реализации проекта «Аполлон» к работе над ним прямо или косвенно привлекалось одновременно до 3 млн человек. И это для того, чтобы в 1969—1972 гг. 12 астронавтов побывали на Луне. Примерно так же выглядит пропорция при подготовке и обеспечении длительных орбитальных

полетов. Возможность космического приложения усилий одного человека обеспечивается земным трудом десятков и сотен тысяч людей, которые проводят научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, строят, испытывают и эксплуатируют ракетно-космическую технику, космодромы, наземно-измерительные пункты, контролируют полет в Центрах управления и с научно-исследовательских судов в океане, дежурят в составе групп поисково-спасательной службы, участвуют в подготовке и послеполетном обследовании экипажей. Стала тривиальной формула, согласно которой космонавт стоит на вершине гигантской пирамиды. Представители медицинской науки и практики в этой пирамиде занимают одно из самых ответственных и почетных мест. Коллективы организаций и учреждений, ведущих научно-исследовательскую и прикладную работу по медико-биологической тематике освоения космоса, насчитывают не одну тысячу человек. Только персонал, непосредственно занятый медицинским обеспечением полета 3—7 космонавтов, включает ныне около 100 высококвалифицированных специалистов.

Управление полетами — важный участок мирного космического фронта, очень сложный процесс, простое перечисление участников которого требует немало времени; взаимодействие их происходит со сложностью, напоминающей «тайную мудрость человеческого организма». В будущем управление полетами будет осуществляться не только с Земли, но и из Центров управления, дислоцированных на околоземных орбитах (конкретные проекты такого рода уже существуют). Управление будущими полетами требует заблаговременной подготовки соответствующих кадров. Лауреат Государственной премии СССР В. Д. Благоев, говоря об облике современного руководителя инженерно-технического коллектива, отмечает, что он «должен уметь решать и сложные организационные задачи. Теория, всесильная в сугубо научных вопросах, здесь вас уже не выручит. Работа с людьми — это индивидуальный подход к каждому человеку, знание психологии» [1985, с. 5]. Ко всему перечисленному В. Д. Благоев добавляет «абсолютно крепкое здоровье». Ведь работа в Центре управления идет круглосуточно — днем и ночью, в субботу и воскресенье, в праздники и в будни.

В телефонном разговоре по «Прямой линии», организованной газетой «Комсомольская правда», робкий де-

вичий голос спросил космонавта А. П. Александрова: как попасть в коллектив смены Центра управления полетом? А. П. Александров рекомендовал студентке взять ходатайство от имени ректора и самой написать письмо в Министрство высшего и среднего специального образования с просьбой о соответствующем распределении. «Бояться не надо. Каждый начинает с того, что учится. Я сам начинал с азов: писал самые обычные телеграммы. А затем освоил работу сменного руководителя всего этого коллектива»¹.

Немалую службу для подготовки кадров космонавтики сослужили кружки, клубы и школы юных космонавтов. За четверть века, истекших после полета Ю. А. Гагарина, их питомцами стали тысячи и тысячи пионеров и школьников. Пусть пока не всем из них довелось слетать в космос, но на всю жизнь ребята сохраняют интерес к проблемам освоения Вселенной, патристический эмоциональный заряд наших первых космических побед. В любой земной работе им пригодятся знания и морально-психологический настрой, приобретенные на «участке выведения» в большую жизнь.

Придет время, и учителя географии будут вывозить своих учеников на «спаренные» уроки в космос. За два академических часа, сделав один виток, школьники познакомятся с общим видом Земли не по глобусу, а в натуре. На большой перемене эфир наполнится звонкими голосами «отроков во Вселенной». Если сейчас данный сюжет все еще воспринимается как фантастический, то по мере развития массовости орбитальных космических перевозок, к середине XXI в. он станет реальной перспективой.

Не исключено, что эти школьники смогут самостоятельно вычислить на персональных компьютерах «уставки» (вводные данные) для приземления в любом районе планеты. Специалистам космонавтики не только в будущем, но уже сейчас не обойтись без новой культуры общения — диалога с ЭВМ. Из практики конструкторских работ исчезает чертеж. Вместо него имеются банк данных и дисплей, а в целом — система автоматизации опытно-конструкторских работ. Космонавтика задает тон во всеобщей компьютеризации, на-сущно необходимой для ускорения научно-техниче-

¹ Вам отвечают космонавты // Комс. правда. 1985. 25 окт.

ского прогресса. Это диктует вполне определенные требования к подготовке кадров космических специалистов.

В последнее время много говорится о невозможности дальнейшего количественного роста научных кадров, трудностях должностного продвижения молодых ученых, падении престижа инженерной профессии. В сфере космической науки и индустрии существуют здоровые тенденции, способствующие эффективному решению этих и других, связанных с ними, проблем. Космонавтика выдвигает социальный заказ на молодых специалистов, готовых к полной самоотдаче, способных к предельной интенсификации научного и инженерного труда. Такие работники не должны испытывать недостатка ни в материальных, ни в моральных стимулах. Для идущих впереди одним из первостепенных стимулов всегда будет сопричастность к космической славе Страны Советов.

Космонавтика уже сейчас напоминает большую молодежную стройку. В еще большей степени она приобретет эти черты, когда начнется строительство больших заатмосферных поселений. Молодежь увидит там блестящие возможности для преодоления будничности, серости, бытовизма. На орбитальных высотах повторятся массовые подвиги тех, кто поднимал целинные и залежные земли, участвовал в освоении богатств Сибири и Дальнего Востока. Быть может, у кого-то из читателей возникнет вопрос: а как быть, если не успел еще обзавестись семьей? (Кстати, подобный вопрос был первым, вырвавшимся у А. А. Леопова, когда ему предложили пройти отбор в космонавты.)

Молодежные стройки всегда были колыбелью молодой семьи. Не будет исключением и строительство «эфирных городов». На ближайшую пятилетку полеты супружеских пар пока не планируются, но в последующем без этого не обойдется. И если, как говорилось выше, структура населения крупных космических обитаемых объектов повторит структуру земного народонаселения, то можно предвидеть широкое участие в космических делах прекрасной половины человечества. Женщины составляют примерно треть всех рабочих и служащих мира (в странах — членах СЭВ от 42 до 51%). Ныне они создают более трети всех материальных и духовных ценностей на планете. К концу XXI в., как утверждают специалисты-демогра-

фы ООН, на земном шаре женщин будет на 175 млн больше, чем мужчин¹. Значит не исключено количественное преобладание женщин и в космосе. На нынешнем этапе космонавтики прослеживается тенденция к расширению участия женщин в орбитальных полетах.

Эстафету В. В. Терешковой приняла С. Е. Савицкая, участвовавшая в двух экспедициях посещения на станцию «Салют-7» и работавшая в открытом космосе. Были в космосе и американки.

Все шире становится круг стран, осваивающих космос и посылающих в него своих сынов и дочерей. Все шире круг национальностей, принимающих участие в освоении космической «целины». Космонавты есть не только в СССР и США, но и в Болгарии, Венгрии, Вьетнаме, ГДР, на Кубе, в Монголии, Польше, Румынии, Чехословакии, Франции, Индии, ФРГ... Умножается ряд специальностей, представители которых работали на орбите: летчики (в том числе и летчики-испытатели), инженеры, врачи, астрономы, физики-ядерщики, геолог.

Очень важно правильно рассказать людям о космосе. Художники, композиторы, писатели, журналисты смогут сделать это наиболее адекватно, приняв участие в будущих полетах.

По мере развертывания созидательной деятельности в космосе отойдут в прошлое конъюнктурные скачки кадровой политики в космической науке и промышленности, подобные резкому спаду занятости, наблюдавшемуся в аэрокосмической промышленности США после завершения программы «Аполлон». Сообщалось, что при этом болезненном для экономики процессе число рабочих мест сократилось с 300 до 14 тыс., капиталовложения упали с 3,5 млрд до 128,7 млн долл. в год.

В физиологии известен так называемый закон исходного уровня, согласно которому, чем выше исходный уровень, чем в более деятельном состоянии находится физиологическая система или орган, тем меньше зависимость его функционирования от внешних возмущающих воздействий. Конечно, физиологические закономерности нельзя прямо перенести на сложные

¹ Известия. 1985. 20 авг.

социально-экономические процессы. Тем не менее несомненно, что участие в мирных космических проектах, в том числе и в международных, помогло бы многим государствам сделать курс своих денежных единиц более стабильным, а занятость трудящихся — более постоянной.

Ожидается, что к 2000 г. появятся еще миллионы новых жителей, из которых работу сможет отыскать лишь небольшая горстка. Для каждого из обездоленных, кочующих по свету в поисках работы, приложение сил к освоению внеземных богатств будет счастливой возможностью сорвать с себя ярлык «лишнего человека».

В страхах капитала на выгодах, которые дает космос, стремятся заработать частные компании. Уже теперь американская администрация передает некоторую долю государственных космических служб (например, метеорологической) частному бизнесу. Говорится о желании «дать толчок развитию частной инициативы в космосе» [Жуков, 1985].

Для монополий может оказаться привлекательным использование в трудных внеземных условиях дешевых рабочих рук. Поэтому нельзя исключить, что, как только на Западе созреют технические предпосылки к массовой миграции в космос, люди, желающие получить работу, составят значительную часть контингента космических колонистов.

По мере нарастания массовости полетов отойдет в прошлое проблема 60—70-х и отчасти 80-х годов — проблема кандидатов в космонавты, не получивших возможности реализовать свои знания и мастерство. В первые один-два десятка лет профессия космонавта во многом основывалась на том, что В. А. Шаталов называл «мужеством ожидания». Жизненная ситуация многих кандидатов характеризовалась большой длительностью подготовки, острой соревновательностью (а в США — открытой конкуренцией), отсутствием гарантий на совершение полета. Показательны такие цифры: с 1959 г. в отряд НАСА было отобрано 73 человека, а в 1972 г., к моменту окончания программы «Аполлон», их оставалось 39. Даже если учитывать три экспедиции на станции «Скайлэб», 30 астронавтов становились безработными. Действительно, в дальнейшем отряд был фактически расформирован [Голованов, 1985а].

Его численность стала вновь возрастать в связи с появлением космических кораблей многоразового использования «Спейс Шаттл». В 1985 г. американский отряд астронавтов насчитывал 90 человек.

Истекшие четверть века пилотируемой космонавтики учат бережному отношению к судьбам людей, которые в любой стране мира составляют предмет национальной гордости. Встает вопрос о профессиональном долголетии лиц, которые будут регулярно подвергаться воздействию факторов космического полета. В XXI в. полет в космосе у опытных космонавтов будет измеряться не тысячами часов, как у летчиков, а годами и десятилетиями. Все больше людей все более значительную часть своей жизни будут проводить в космосе. Этот этап станет промежуточным, переходным к тому периоду, когда весь жизненный цикл множества представителей рода человеческого будет осуществляться вне Земли. Однако и тогда Земля не перестанет быть для них родительским домом. Что же касается нынешнего этапа освоения космоса, то с *околоземным пространством* связаны далеко идущие перспективные планы, уже находящиеся в стадии исполнения.

Создание долговременных орбитальных станций около Земли всегда рассматривалось в Советском Союзе как магистральный путь освоения космоса. О том, какими ему видятся космические станции будущего, рассказывает академик В. С. Авдучевский. Он считает, что пока в силу инерции мышления в космонавтике тяготеют к авиационному машиностроению. Вся аппаратура сконструирована в тесный, недостаточно удобный кожух, солнечные батареи затеняют друг друга и упускают потому много энергии. В. С. Авдучевский предвидит в недалеком будущем сборку станций на большой поверхности. Их отдельные элементы соединятся друг с другом легкими, ажурными фермами, из которых можно будет сложить квадратные и кубические сооружения. Солнечные батареи, антенны и аппаратура для наблюдений будут отнесены подальше от станции. Атомные космические электростанции также будут находиться отнюдь не в непосредственной близости от жилых отсеков. Целесообразно будет создать рядом с большой пилотируемой станцией сеть маленьких станций-фабрик, на которых в автоматическом режиме будут производиться уникальные препараты и

материалы. Человек будет отвечать лишь за контроль и сбор продукции.

По мнению В. С. Авдеевского, монтаж таких ажурных станций будет производиться в космосе из блоков, доставленных в упакованном виде на ракетах-носителях. «До сих пор же мы противоречили тому, что услужливо предлагает невесомость. Вместо того, чтобы делать станцию легкой, мы готовили ее к перегрузкам при старте» [1986, с. 2].

Наиболее перспективной считается модульная конструкция будущих внеземных поселений. Вот почему в нашей стране уделяется большое внимание отработке аппаратов нового поколения, способных функционировать и как тяжелые грузовики, и как мощные межорбитальные буксиры, и как специализированные научные и производственные модули. Возможности таких кораблей проверяются в ходе реализации программы «Космос». Способны ли автоматические корабли-спутники типа «Космос-1686» существенно повысить эффективность транспортного звена Земля—орбита? Отвечая на этот вопрос, конструктор В. Сергеев пишет, что такие корабли могут значительно увеличить продолжительность активного существования и эффективность использования будущих орбитальных комплексов. Об этом говорит опыт совместной работы названных кораблей со станциями «Салют-6» и «Салют-7».

Общий вес автономного корабля-спутника с полезной нагрузкой превышает 20 т. Для его запуска используется ракета-носитель «Протон». Длина корабля почти такая же, как у станции «Салют-7»; диаметр в широкой части превышает 4 м; он несет на борту более 3 т топлива. В состав его системы энергопитания, кроме химических, входят ориентируемые солнечные батареи с размахом панелей около 16 м. После стыковки с «Салютом-7» «Космос-1686» почти вдвое увеличил объем рабочего пространства и создал для экипажа на борту комфортные условия: на его борту функционируют системы обеспечения постоянного газового состава, терморегулирования, жизнеобеспечения и т. д. [Сергеев, 1985].

При использовании модульного принципа построения космических станций следует учитывать важные закономерности, приводящие по мере нарастания числа поселенцев к качественному изменению требований к нормированию объемов и к организации жилого прост-

ранства. Исходя из практики подводного флота и других данных, для долговременных орбитальных станций был избран минимальный свободный объем около 30 м³ на одного человека. Поэтому в орбитальной станции с емкостью внутренних объемов, не занятых аппаратурой и грузами, составляющей около 90 м³, могут с относительным комфортом разместиться три космических «должителя». На период взаимодействия с экипажами посещения приходится уплотняться.

В орбитальных сооружениях любого размера, предназначенных для жизни человека, выделяются функциональные зоны, каждая из которых приспособлена для выполнения деятельности определенного рода. Следовательно, целесообразное членение предлагается не только по временным параметрам (как это бывает при планировании режима труда и отдыха), но и применительно к ограниченному обитаемому пространству. Чем меньше свободные объемы, тем больше вероятность выпущенного совмещения различных функциональных зон в одном помещении. По мере роста свободных объемов функциональные зоны обособляются и оформляются в отдельные помещения (отсеки, каюты, модули), имеющие специфическое целевое предназначение. В самом общем плане возможно разделение обитаемых отсеков на рабочие и бытовые. В состав рабочих могут входить помещения, откуда происходит управление космическим комплексом («центральный пост»), штурманская «рубка», объем для производства ремонтно-восстановительных работ («мастерская»), хранилища и склады, энергетический блок («машинное отделение»), медицинские блоки. Сюда же относятся научные лаборатории, работающие по самым разным направлениям.

В состав бытовых выходят отсеки, каюты или модули, предназначенные для сна, отдыха, приема пищи, санитарно-гигиенических мероприятий, психологической поддержки и разгрузки, культурно-массовых мероприятий, физической и спортивной тренировки и использования других средств профилактики неблагоприятного воздействия невесомости.

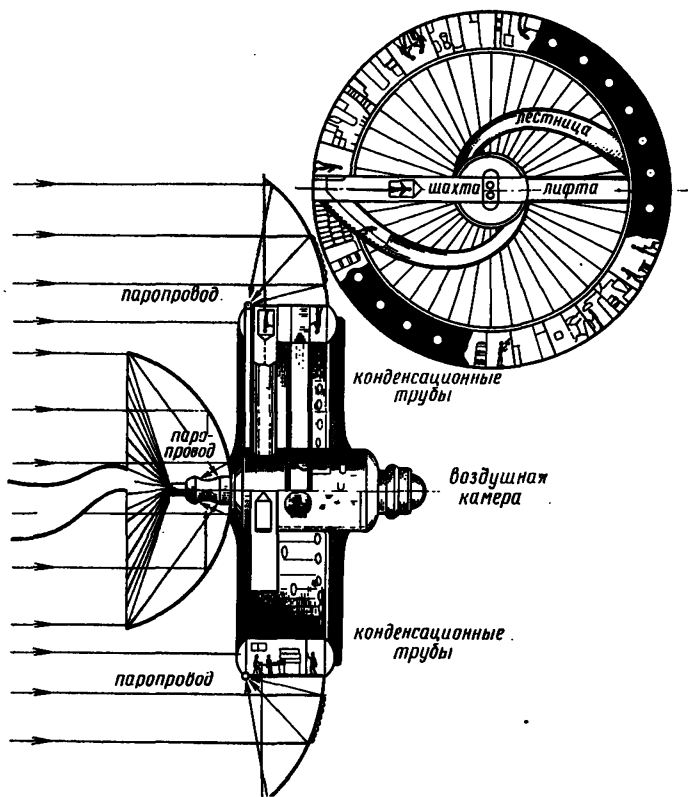
Применительно к большому коллективу, состоящему из 30 человек, общий объем жилых помещений должен составить не менее $30 \text{ м}^3 \times 30 = 900 \text{ м}^3$, что может быть обеспечено стыковкой 10 модулей, подобных по величине станциям типа «Салют». Естественно, что в такой конструкции отпадет необходимость совмещения многих

функциональных зон. Для них можно будет выделить свои специальные модули, причем деятельность в таких условиях станет эффективнее и качественнее.

Чем больше удельный объем свободного пространства, приходящийся на каждого космонавта, тем возможна большая дифференцированность в смысле избирательного предоставления специальных помещений для удовлетворения тех или иных физиологических, психологических, социокультурных нужд и запросов отдельных лиц, тем более реальна индивидуализация управляющих (оптимизирующих) воздействий среды обитания на каждого члена экипажа, тем большая специализация возможна в научном и производственном плане.

Возрастание эффективности исследовательской и индустриальной деятельности в космосе тесно связано с целевым использованием модулей самого разнообразного назначения. Этот процесс будет сопровождать происходящую специализацию космонавтов. Г. С. Титов говорил о корабле типа «Восток» как о своеобразной квартире, в которой советские космонавты обживали космос. С появлением «Союзов», имевших два обитаемых отсека — рабочий и бытовой, — космические «квартиры» стали двухкомнатными. К станциям типа «Салют» и «Скайлэб» стало вполне применимо название «дом на орбите». В этих домах будут создаваться все большие удобства для их обитателей. Появятся целевые космические конструкции — жилые, административные, производственные и т. п. В совокупности разных модулей разместятся организации и предприятия. Как на Земле из домов составляются кварталы, а поселки перерастают в города, так и в космосе из модульных элементов будут смонтированы постоянно действующие орбитальные станции и целые «эфирные поселения» (рис. 23, 24).

То, что произойдет в космических городах, уже теперь должно являться предметом пристального изучения. Это позволит при их перспективном планировании избежать неблагоприятных тенденций, а также развить и упрочить возможные положительные моменты. Особенности образа жизни и среды обитания человека в условиях космических поселений, по-видимому, не явятся чем-то абсолютно новым, а станут лишь наиболее ярким выражением тенденций, уже сказывающихся на благополучии, здоровье и душевном комфорте миллионов жителей земных городов. В космических городах



люди встретятся с крайней степенью признаков урбанизации, изменившей лик нашей планеты. Среди этих признаков, к сожалению, — утрата людьми естественной связи с природой, с одной стороны, и механизация, автоматизация и роботизация человеческого окружения, нервно-психические перегрузки — с другой.

В ходе научно-технической революции резко ускорился процесс освобождения человека от зависимостей, обусловленных природной средой. Непрерывно подхлестываются нововведения небывалых ранее орудий труда, проделавших путь от необработанной щепки к труднопрогнозируемым будущим инструментам. Однако усложнение искусственной среды, призванной защитить и обезопасить людей от неблагоприятных воздействий природной среды, как это ни парадоксально, может привести к новому порабощению человека, из-за

←
Рис. 23. Один из проектов орбитальной станции, принадлежащий Г. Нордунгу (1929 г.)

Здесь использована идея создания искусственной силы тяжести вращением космического летательного аппарата, выдвинутая К. Э. Циолковским еще в 1895 г. [по: Лей, 1961]

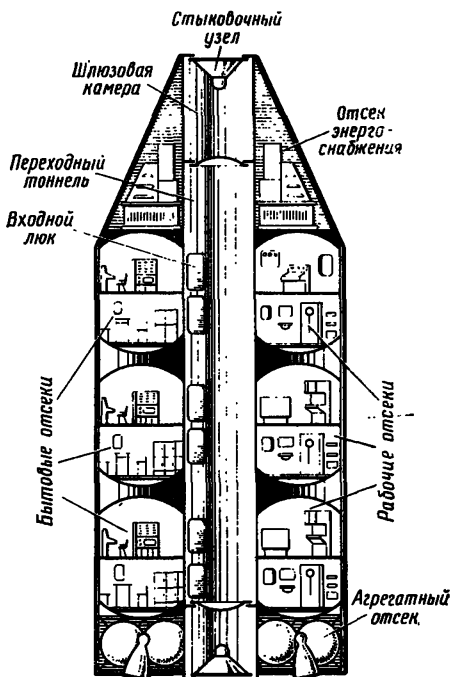


Рис. 24. Схема многопалубной станции, имеющей три рабочих и три бытовых отсека торoidalной формы [по: Елиссеев, 1983]

Для выведения подобной станции на орбиту потребуются сверхмощная ракета-носитель

попадания его во все большую зависимость от элементов искусственной среды.

Стремясь вырваться из этого замкнутого круга зависимостей, люди интуитивно обращаются к поиску гармонии между искусственным и естественным. Для них становится важным ощущение своей причастности к биологическому виду *Homo sapiens*. Подсознательно усиливается протест против чрезмерной заданности, искусственности среды, сложившейся в мегаполисах. Люди уезжают за город, на природу, бегут из царства асфальта, бетона и стекла. Ограничение двигательной активности, навязанное современным образом жизни и обеспеченное общедоступными транспортными средствами — от лифта до метрополитена, — повлекло за собой всеобщую детренированность городских жителей и наряду с первым стрессом привело к резкому росту сердечно-сосудистых заболеваний. Массовые движения любителей бега, увлечение ритмической гимнастикой говорят о попытках восстановления исходного баланса между противоборствующими началами: с одной сторо-

ны, биологическим, естественным, испокон веков свойственным человеку, и с другой — социальным, искусственным, недавно привнесенным научно-техническим прогрессом.

Не только в будущих космических, но уже и в современных земных городах образ жизни людей во многом подчинен темпу и ритму, диктуемому искусственной средой обитания. В круговороте рабочих будней сужается возможность выбора людей, составляющих круг общения. Механизация вовлекается в жизнь и быт, включая элементарные операции: ножи для резки хлеба становятся электронными, а печи для приготовления пищи — микроволновыми. Все теснее становится взаимодействие человека с автоматическими системами, которые берут на себя массу разнообразных функций — от регулирования уличного движения до выплаты вкладов в сберкассах.

Однако, если на Земле пока что можно в какой-то степени регулировать степень своей включенности в искусственную электронно-механическую среду, то в космических поселениях она будет задана принудительно. Не удастся избежать ни сужения социальных контактов, ни прямой зависимости благополучия человека от механизмов и автоматов. Более того, возникнет зависимость от искусственного интеллекта, которому неизбежно придется передать управление сложными космическими системами. Изолированному от природы человеку все это грозит серьезными нарушениями исходных соотношений между интеллектуальной и эмоциональной составляющими потока психической жизни.

Об опасности такого дисбаланса побуждает задуматься, например, фильм «Космическая одиссея-2001», снятый по роману А. Кларка. Там показан космонавт на орбитальной станции, встречающий свой день рождения не под земным Солнцем в лесу или на берегу моря, а в течение расчетного количества минут, по программе, принимающий сеанс ультрафиолетового облучения. С экрана видеотелефона космонавта поздравляют старички-родители. Перед ними — праздничный торт со свечами. Космонавт отрешенно взирает на них. Старомодные земные традиции, да и весь неторопливый, безыскусственный уклад жизни теперь уже не для него. Его существо всецело принадлежит искусственной, запрограммированной среде обитания. Этот человек на чистоту оторван от земной природной среды, и ему чуждо

эмоциональное восприятие восхода Солнца, дуновения ветра, трепета листьев.

Приближение эпохи космических поселений порождает вопрос, как далеко может пойти человек в этом направлении и сможет ли он при этом не потерять сам себя?

Все более распространенными и совершенными становятся искусственные части и органы человеческого тела. Если раньше они сводились к зубным протезам, то ныне заменяются не только клапаны, но и все сердце в целом. Автоматические аппараты берут на себя различные функции организма и служат в качестве искусственных сердца, легких, почек, печени. При дальнейшем развитии этого направления можно предвидеть «интеллектуальные протезы» — носимые или вживленные аппараты, компенсирующие дефекты тех или иных высших функций коры головного мозга. Останется последний шаг — и полная замена интеллекта ознаменует потерю человеком принадлежности к своему биологическому виду.

Существует даже столь крайняя точка зрения, что типичные разумные существа будущего в значительной, если не в преобладающей, степени будут состоять из искусственных элементов. Такую мысль высказывал, например, И. С. Шкловский. По его мнению, естественные разумные существа якобы малопригодны (или совсем непригодны) для серьезной колонизации космоса и весьма длительных космических полетов; в отдаленном будущем подразделение разумных существ на «естественные» и «искусственные» утратит всякий смысл. Однако здесь мы вступаем в область скорее фантастики, нежели научного прогноза.

Опыт космической биологии и медицины со всей определенностью указывает, что здесь есть грань, которую переходить не следует. Видимо, некоторая натуральность всегда будет сопутствовать человеку в космосе. При доказательстве этого тезиса недостаточно той неаргументированной посылки, что человек — дитя природы. Недостаточно и умозрительных ссылок на нравственное начало, требующее сохранения человека как вида. Не самыми сильными оказываются доводы о наличии эмоциональных, септиментальных, потребностей, для удовлетворения которых космические путешественники возьмут с собой цветы («ветку сирени»).

Порой неосознанная духовная потребность в контак-

те с живой природой становится реальной силой, которая подкрепляется строгими научными фактами, свидетельствующими об экономической эффективности и технической целесообразности максимального приближения искусственных биосфер к природной среде, взрастившей человечество. С этой точки зрения очень правильным представляется стратегическое направление на создание биологических систем жизнеобеспечения.

Попытки изолировать человека от природы крайне неэкономичны. Биологические системы лучше, чем какие-либо другие, обеспечат круговорот веществ в больших космических поселениях. В этих системах будут гармонично сосуществовать люди, микроорганизмы, растения и животные. Именно эти системы сохраняют органическую, непосредственную связь жителей «эфирных городов» с природой.

По-видимому, будущие космические поселения будут наполнены живыми спутниками человека; отличие от Земли будет заключаться лишь в осознанности этой среды, в эффективном управлении ею. Под сводами гигантских заатмосферных оранжерей, залитых лучами Солнца, зазеленеют земные растения. Среди ветвей защебечут птицы. С цветка на цветок будет перелетать бабочка-махаон, наблюдая за которой, отдохнет космический поселенец. Вдруг раздастся жужжание — это не электронный зуммер, а живой звук, издаваемый жуками-бражниками.

Биосфера космических поселений приблизится к земной и по своим микробиологическим характеристикам. Дело в том, что в среде, лишенной бактерий, человек утрачивает свой иммунитет, что чревато самыми губными последствиями. Об этом говорят исследования, проведенные в Антарктиде, — на практически стерильном материке. Показатели клеточного и гуморального иммунитета у полярников в ходе зимовок заметно снижаются. Длительное нахождение космонавтов в атмосфере корабля, если она будет гнотобиологической (безмикробной), снизит обычную иммунобиологическую активность, в результате чего при возвращении на Землю или при встрече двух космических кораблей обычно безвредные (условно патогенные) микробы могут стать для космонавтов источником инфекционных заболеваний.

Медико-биологический анализ этих и многих других обстоятельств позволяет отвергнуть представления о неограниченном нарастании искусственности как о пути, совместимом с прогрессом пилотируемой космонавтики. Человек ни в космосе, ни на Земле не имеет права преступать некоторую грань, за которой его ждет утрата признаков и потенций, вытекающих из его биологической природы.

Как бы включаясь в дискуссию об искусственности и естественности, С. Лем ввел в повествование о межзвездном путешествии кульминационный эпизод бунта на корабле, спровоцированного, в частности, отказом видеосистемы, создававшей иллюзию живой природы. «Несколько десятков метров камня, земли и растений упирались в голую металлическую стену, уже не прикрытую миражем безграничных просторов. Неподвижно, словно неживые, стояли деревья, освещенные мутно-желтым светом электроламп, дальше — железные стены и плоский потолок. Голубое небо исчезло без следа, воздух был пагрет и неподвижен, как мертвый, ни малейшее дыхание ветерка не касалось ветвей.

Посреди сада собрались несколько десятков человек, всматривавшихся в эти ужасные по своей выразительности обломки миража... Мгновение спустя воцарился полный мрак: видеопластики выключили свет, чтобы вновь пустить в ход свою аппаратуру. И тогда случилось самое худшее: во мраке раздался крик:

— Долой этот обман! Пусть все останется, как есть! Будем смотреть на железные стены, довольно этой вечной лжи!» [Лем, 1960, с. 247].

Очевидно, никакие иллюзии не заменят человеку слияния с естественной природной средой.

Космонавт Г. М. Гречко рассказывает, что для всех участников орбитальных экспедиций характерно было особенное, бережное отношение к живому, ко всякому ростку. Растения напоминали о Земле, поднимали настроение; это были доставленные в космос цветущие орхидеи, земляника, мирт. Вслед за героем Жюль Верна Мишелем Ардапом, взявшим с собой в лунный снаряд разную живность, в том числе и петуха, Г. М. Гречко был не прочь услышать на орбите «кукареку». В космосе развивается настоящий голод по земным ощущениям. Не хватает зелени, не хватает музыки. «И когда возвращаешься с орбиты, начинаешь ценить не только музыку, симфонический оркестр, а даже звук

ветра, просто чистые звуки — высокие, низкие.. Петух поет, птица поет — после возвращения из космоса это ощущается в тысячу раз острее»¹. Все в жизни, к сожалению, познается ценой потери. Уходя в космос, люди теряют человеческое общение, музыку, театр, обычный земной хлеб, шум дождя... Космос позволяет оценить и научно проанализировать значимость великого многообразия земной биосферы и поставить за-благовременные преграды на пути скудных схем, разлагающих человеческое бытие до суммы примитивных реакций.

Так, в погоне за светом и пространством человечество обретает понимание непреходящих жизненных ценностей, испокон веков принадлежавших ему на планете Земля. С этими ценностями люди устремятся все дальше во Вселенную. Трудно переоценить значение замкнутых биологических систем жизнеобеспечения для космонавтики будущего. Именно на них будут основываться искусственные биосферы, в миниатюре повторяющие разветвленные цепи процессов, идущих в природной среде нашей планеты, и по существу своему являющиеся максимально естественными. У жителей будущих космических поселений будет необычайно высок статус ученых и специалистов, причастных к работе грандиозных систем, обеспечивающих жизнь. Как в первобытном обществе почитали хранителей огня, так и в обществе космических поселенцев будут почитаться хранители биосферы.

В обеспечение прогнозируемых тенденций исследователи заняты разработкой технических предложений по созданию систем жизнеобеспечения космических станций. По разным характеристикам сравниваются системы различной замкнутости. Американские специалисты считают, что в сравнительно малых объемах, таких, например, как станция «Спейслаб», биологическая экосистема не сможет саморегулироваться и поэтому будет более чувствительна к патологическим отклонениям и изменениям метаболизма отдельных ее звеньев. Следовательно, пока можно использовать такую систему как своеобразный буфер в цепи экологических процессов на борту станции. В другой публикации, касающейся перспективных планов НАСА на период до 2050 г., указывается на целесообразность использования

¹ Вам отвечают космонавты // Комс. правда. 1955. 25 окт.

регенеративных экологических систем для космических экспедиций уже в ближайшие десятилетия.

Если обратиться к ближайшим нескольким десяткам лет, то внимание к вопросам создания комфортных (а не просто приемлемых) условий для человека в космосе обосновывается в ряду других причин большой ролью космонавтов в создании крупных космических сооружений. О конкретном содержании некоторых перспективных планов освоения Солнечной системы пойдет речь далее.

В центре внимания многочисленных коллективов, занятых разработками аппаратов околоземного космоса, вопросы наиболее рационального использования возможностей человека-космонавта при строительстве разнообразных орбитальных сооружений. В самом ближайшем будущем следует ожидать дальнейшего возрастания удельного веса внекорабельной деятельности космонавтов. Сообщается о модернизации космических скафандров, о возможностях пилотируемого маневрирующего устройства («реактивного кресла») для обслуживания спутников на орбите, о работах с дистанционным управляемым манипулятором, предназначенным для работы в открытом космосе. Обсуждаются возможности расположения, крепления и перемещения полезных грузов на космических платформах.

Проект крупного сооружения — *орбитального центра космических полетов*, разработанный фирмой «Боннг», предусматривает дальнейшую модификацию его наращиванием различных модулей в общую конструкцию. На первом этапе создания Центра (1987—1994 гг.) он будет включать в себя обитаемый модуль, стыковочный модуль, модуль технического обслуживания и диагностики, манипулятор для сборки конструкции, ангар для межорбитального буксира, склады. В дальнейшем к нему будут подключены другие модули, в том числе: два ангара, два склада для хранения топлива, склады для полезной нагрузки, вспомогательные и энергетические модули.

Для простоты сборки Центра на орбите предлагается все сооружения собрать из отдельных блоков, имеющих форму куба размером грани 2 м. Отдельные блоки будут скрепляться направляющими балками. Предусмотренная сектором монтажная платформа будет разворачиваться на 180°, ориентироваться перпендикулярно и параллельно относительно причала. Для сборки конструк-

лий и выполнения технического обслуживания спутников будет использована многоцелевая портативная рабочая станция, пилотируемая астронавтом, которая может сцепляться с полезной нагрузкой тремя различными захватами. Астронавт на рабочем месте будет фиксироваться привязными ремнями и фиксаторами ног. В рабочей станции будет предусмотрен комплект инструмента для выполнения технического обслуживания.

Предполагается, что орбитальный Центр космических полетов будет обеспечивать выполнение трех основных задач: сборку крупногабаритных спутников и платформы, перевод на другие орбиты пилотируемых и беспилотных космических аппаратов, выполнение технического обслуживания и ремонта космических кораблей и спутников на орбите.

Планируется систематически выполнять дозаправку топливом, производить восстановление покрытия радиационных поверхностей, очистку оптических поверхностей от налета, замену вышедших из строя агрегатов и блоков.

По существу, орбитальный Центр космических полетов будет космической базой для межорбитальных буксиров и транспортных кораблей. Экипаж Центра в составе восьми человек будет работать шесть суток в неделю в две смены. Два человека будут работать в открытом космосе, два — внутри. Экипаж предполагается заменять через 90 суток.

Уделяется внимание повышению безопасности полетов и разработке средств спасения из аварийных ситуаций в космосе. К ним относятся, например: пожар, взрыв, отказ системы жизнеобеспечения, разгерметизация, заболевание членов экипажа. На эти случаи предусматривается использование своеобразной «спасательной шлюпки» — *спускаемого аппарата для эвакуации экипажа с орбиты*. Требования к этой разновидности космической техники очевидны — максимальная простота и особая надежность. Эвакуацию восьми космонавтов из орбитального Центра космических полетов, если он окажется в аварийном состоянии, планируют выполнять с помощью двух четырехместных аппаратов общей массой по 1406 кг каждый, пристыкованных к двум отсекам Центра.

Пилотируемые орбитальные станции типа описанного Центра космических полетов могут выполнять не-

сколько важных функций: быть местом жительства рабочих-сборщиков и монтажников, служить для этих работников диспетчерским пунктом, центром управления, складом материалов и даже космическим цехом по производству ряда деталей, которые послужат для строительства подобных объектов.

В отношении планов создания *долговременной пилотируемой космической станции* сообщается, что в конце января 1984 г. президент США Рейган дал задание НАСА начать разработку ее проекта. Срок осуществления проекта 10 лет; ориентировочная стоимость 8 млрд долл.

К разработке проекта станции НАСА намерена привлечь страны-участницы НАТО, а также и Японию как логический этап работ после создания корабля типа «Спейс Шаттл». Руководители НАСА и Европейского космического агентства уже обсудили возможные программы научных исследований на пилотируемой станции. В программе работ на станции возможно участие Пентагона. Привлекаются также частные фирмы.

Проработка орбитальных пилотируемых станций, активно ведущаяся в США в последние годы, имеет целью ввод их в строй в 1990—1991 гг. Определены потребности в числе модулей станции, ее энергопотреблении, объеме экспериментальных жилых помещений, затратах труда астронавтов при работах внутри и вне станции, числе экспедиций на период до 2000 г. Наибольшая частота посещений станции экипажем (14 раз в год) предусматривается в 1995—1998 гг., когда ожидается максимальное наращивание модулей станции, и в 1999—2000 гг., когда планируется доставка на Землю продукции, изготовленной на станции.

Специалисты НАСА называют проект долговременных обитаемых станций в числе проектов, представляющих наибольший интерес с точки зрения международного сотрудничества.

Еще в апреле 1983 г. были завершены исследования по разработке требований к американской орбитальной станции. На двухнедельном семинаре в центре Лэнгли НАСА эти требования были тщательно обсуждены, и вновь была подтверждена важность присутствия человека на борту станции. Ее проект занял центральное место в предложениях НАСА на 1985 г. Администрация президента послала в сенат запрос на бюджет для НАСА в размере 7 млрд 491 млн долл.,

что означает увеличение по сравнению с предыдущим годом на 274 млн дол., или на 4%.

Финансирование проектно-конструкторских работ в 1985 г. увеличивается по сравнению с 1984 г. на 375 млн долл. (до 2 млрд 400 млн долл.), а расходы на обеспечение запусков уменьшаются на 175 млн долл. (до 3 млрд 600 млн долл.).

На разработку проекта пилотируемой космической станции, обеспечивающей постоянное пребывание человека в космосе, выделяется 150 млн долл. НАСА запрашивало 235 млн долл. По заявлению руководителей НАСА, этих средств достаточно, чтобы обеспечить запуск станции в 1992 г.

Следует подчеркнуть, что работы по созданию орбитальной станции вытекают из рекомендаций службы перспективного планирования НАСА об обеспечении постоянного присутствия человека в космосе.

Термин «постоянное присутствие» разъясняется как требование неопределенно долгого срока службы пилотируемой станции с непрерывным наращиванием ее элементов, усложнением функций при использовании научно-технических достижений. Другими словами, речь идет о космическом аналоге гибких технологических процессов. НАСА отмечает, что создание такой станции ставит перед разработчиками очень трудные задачи. Для обеспечения их работы НАСА организовало исследование по выявлению возможных технических и технологических проблем и определению путей их решения. Из представителей научно-исследовательских центров и главного управления НАСА создана специальная комиссия, состоящая из 10 рабочих групп по следующим направлениям: функционирование систем, конструкции и механизмы, связь, стабилизация и управление движением в пространстве, организация сбора данных, теплотехнические проблемы, экипаж и его жизнеобеспечение, источники энергоснабжения, вспомогательные двигатели, установки, возможности человека. В этих рабочих группах определены краткосрочные и долгосрочные научно-технические цели для обеспечения непрерывного совершенствования и роста орбитальной пилотируемой станции.

В последние годы обсуждаются многие проекты *крупногабаритных космических орбитальных сооружений* — *связных, производственных, ретрансляторов*

световой энергии Солнца для холодных районов Земли, космических солнечных электростанций, гигантских астрономических радиотелескопов. К категории больших космических объектов можно отнести любые объекты — от спутников с антеннами диаметром 10—15 м до орбитальных электростанций с площадью коллекторов солнечных лучей, превышающей 20×5 км. Говорится о возможностях больших космических объектов, столь же широких, сколь возможности всей космической техники в целом. Ведь почти любые из существующих и перспективных космических конструкций лишь выиграют от увеличения размеров. Правительственные и частные аэрокосмические фирмы США проявляют интерес к созданию больших космических объектов, выполняющих следующие функции:

1) дальняя космическая связь, прямое телевидение, многоканальная голосовая и фототелеграфная связь и навигация наземных потребителей с использованием небольших маломощных передатчиков (например, персональная голосовая радиосвязь на территории всей континентальной части США с применением наручных приемопередатчиков, сбор информации от вживленных датчиков);

2) радиолокационное наблюдение за движущимися наземными, надводными и воздушными объектами (например, за пусковыми установками и головными частями межконтинентальных баллистических ракет, самолетами, танками, кораблями, айсбергами);

3) радиометрическое наблюдение природных ресурсов Земли (измерение содержания воды в почве, температуры почвы и др.);

4) астрономические наблюдения в диапазонах гамма-, рентгеновского и ультрафиолетового излучений, интерферометрия со сверхдлинной базой;

5) проведение экспериментов и работ (в том числе в области производства материалов, строительства в космосе, обслуживания беспилотных спутников) на низкой околоземной орбите;

6) освещение и (или) обогрев больших территорий отраженными солнечными лучами;

7) электроснабжение объектов на Земле по микроволновому или лазерному лучу.

Перспективы космического орбитального производства станут реальностью в течение ближайших нескольких лет. Один из исполнителей биотехнологических

экспериментов на установке «Таврия» космонавт А. П. Александров заявил, что в принципе мы стоим на пороге того момента, когда станет возможным получать промышленные партии биологических препаратов, выработанных в космосе. Зарубежная печать сообщает оценки специалистов, касающихся электрофореза в космосе: он на один шаг ближе к промышленному этапу, чем многие другие производственные процессы. Компании «Макдонелл Дуглас» и «Джонсон и Джонсон» объединили свои силы и совместно использовали этот метод при нескольких полетах кораблей «Шаттл». В 1988 и 1989 гг. они хотят иметь на орбите большой автоматический цех электрофореза. Прибыли, ожидаемые от продажи новых препаратов, полученных в космосе, составят не одну сотню миллионов долларов. Рассчитывающие на такие прибыли фирмы, предупреждая возможность промышленного шпионажа, не доверяют другим специалистам и отряжают в кратковременные орбитальные командировки своего сотрудника-космонавта.

Пока обживаются ближайшие окрестности Земли, не сидят сложа руки коллективы ученых и специалистов, реализующих перспективные планы *исследования и освоения планет*. Расширился и усилился интернациональный коллектив, отличившийся при подготовке и осуществлении проекта «Вега»: к странам-участницам добавились Швеция и Финляндия, а также ученые Европейского космического агентства. Целью работы теперь стал проект «Фобос». Для изучения Марса, его спутников, а также Солнца и межпланетного пространства создаются две новые автоматические станции. Старт их с космодрома Байконур намечен на середину 1988 г.

Как рассказал заместитель директора Института космических исследований АН СССР В. М. Балебанов, перелет к Марсу займет семь месяцев. Общая продолжительность исследований составит почти полтора года. Сначала станции выйдут на эллиптические орбиты вокруг Марса, потом они станут круговыми и, наконец, близкими к круговой орбите спутника Марса — Фобоса. Земные аппараты и Фобос будут разделять десятки километров. Затем станции приблизятся к Фобосу на расстояние всего 50—100 м, и с высоты птичьего полета будет проведено детальное обследование поверхности спутника. Он будет изучаться мощным арсеналом

бортовой аппаратуры. В частности, мы получим телеизображения. С близкого расстояния поверхность спутника будет облучаться лазерными, ионными пучками, «испаренное» вещество будет исследоваться бортовыми приборами. Кроме того, от станций будут отделены посадочные зонды, которые проведут исследования прямо на поверхности Фобоса.

Благодаря большой продолжительности эксперимента, Земля и станции, находящиеся на ареоцентрической (околомарсианской) орбите, разойдутся почти на 180° , что даст возможность наблюдать Солнце в противоположных ракурсах. А это обеспечит лучшее понимание процессов, происходящих на нашем светиле, создаст предпосылки для более точного прогнозирования и «солнечных бурь» и их «земного эха».

Как можно видеть, замысел данного проекта исключительно интересен. Он имеет комплексный характер: преследует цели изучения и Солнца, и бывшего астероида (каковым, по-видимому, является Фобос), и планеты Марс.

В ходе реализации проекта «Фобос» будет сделана попытка внести поэтапный вклад в решение нескольких различных задач, каждая из которых ныне имеет большую самостоятельную ценность. Проект «Фобос» как бы перекликается с другими космическими начинаниями.

На май 1986 г. в США был намечен, но по техническим причинам не состоялся запуск космической транспортной системы к полюсам Солнца. После того как этот космический аппарат должен был миновать Юпитер, дальнейший полет намечалось осуществлять по эллиптической орбите с афелием около 5, а перигелием около 1 астрономической единицы и с углом наклона к эклиптике примерно 90° . Аппарат должен был достигнуть полярной области одного из полушарий Солнца через 3,5 года.

Астероиды и кометы еще десяток лет назад для космических исследований казались экзотическими объектами. Однако и тогда находились авторитетные ученые, сравнивавшие научную ценность полетов к астероидам и к Марсу и склонявшиеся в пользу «астероидного варианта». (Проект «Фобос» удачно сочетает преимущества обоих направлений.) Так, крупный шведский физик и астрофизик Х. Альвен [1973] заявлял, что астероидная астрономия является отсталой областью и

успехи на этом пути могут решительным образом изменить стратегию исследований космического пространства. Как тут не вспомнить стратега космонавтики К. Э. Циолковского, предлагавшего «направление главного удара» при освоении Солнечной системы — образование астероидов в небесные пристанища, пригодные для жизни людей.

Можно вспомнить и о том, что в 1877 г. в романе «Гектор Сервадак» Жюль Верн волей своей фантазии пере́нес разноразличную группу людей на малое небесное тело — осколок земной поверхности, который, подобно астероидам, начал странствия в околосолнечном мире. Объединившиеся в трудовой коллектив, «космические робинзоны» проявили немало изобретательности, приспособив под жилье подземные пещеры и галереи. Колония, разместившаяся в горном массиве новообразованного астероида, напоминала исполинский улей со множеством ячеек: для каждого был готов дом, и довольно удобный.

Ныне строительство такой колонии на астероиде входит уже не в сферу фантастики, а в сферу прогнозирования, а через несколько лет перейдет в область перспективного планирования космических миссий. Что касается идеи пилотируемой экспедиции на Марс, то она уже давно стала предметом конкретного рассмотрения, а ныне продолжает оставаться на этапе перспективного планирования. Вопрос об экспедиции космонавтов на Марс разрабатывался еще при С. П. Королеве. Однако космонавтика не подошла еще к такому моменту, когда эта задача стала бы центральной. Возникают резонные вопросы об экономической эффективности и о степени срочности такого полета. Для того чтобы он встал в текущую повестку дня, видимо, потребуется не менее двух-трех «космических пятилеток».

В принципе при нынешнем состоянии ракетно-космической техники Марс уже в ближайшие годы может быть достигнут человеком. При этом можно было бы опираться только на имеющиеся к сегодняшнему дню предпосылки и не ставить ход программы в зависимость от еще не отработанных решений. Иностранная печать сообщала, что в США был выдвинут проект экспедиции на Марс с участием не менее четырех человек. Для высадки на планете в июне 1989 г. необходимо было бы осуществить старт в июле 1988 г. Возвращение на Зем-

лю тогда состоялось бы в апреле 1991 г. Авторы проекта предполагали задействовать в нем космические корабли «Спейс Шаттл» и «Аполлон» и орбитальную станцию «Скайлэб», используемые в различных комбинациях на разных этапах экспедиции. Для обеспечения старта к Марсу данный проект требует свыше 50 рейсов «Шаттла» на околоземную орбиту. К началу 1986 г. сведений об официальной поддержке этого проекта не поступило. Но-видимому, его осуществление в США нашли пока чересчур дорогостоящим и преждевременным. Такая судьба смелого и оригинального проекта вновь заставляет задуматься о необходимости международного объединения усилий для решения межпланетных задач.

Тогда человечеству стала бы по плечу реализация и других дерзких идей, вроде преобразования атмосфер ближайших планет с помощью микроорганизмов и доведение их до «кондиций», пригодных для жизни человека. Конечно, и эта задача пока не стоит в списке неотложных. Однако она перекликается с первоочередной заботой землян о регулировании биосферы собственной планеты.

Для преобразования астероидов, планет земной группы и спутников планет-гигантов будет полезен опыт освоения Луны. Лунные станции и базы позволят апробировать и отработать технологию и принципы организации освоения Марса и других небесных тел. Моделью лунных международных лабораторий, о которых много говорилось в 60—70-х годах, отчасти являются антарктические станции. С 23 июня 1961 г. действует Договор об Антарктике, узаконивший свободу научных исследований в Южной полярной области и объявивший ее демилитаризованной зоной. Этим Договором предусматривается взаимопомощь полярников различных стран.

На Антарктическом материке и прилегающих к нему островах постоянно функционируют около 40 научных станций. К такому размаху исследований Антарктиды подошли через 50—70 лет после первых разведывательных экспедиций в глубь континента. Если дату высадки на Луну Армстронга и Олдрина (20 июля 1969 г.) принять за точку отсчета, подобную дате достижения Амундсеном Южного полюса (14 декабря 1911 г.) и сделать допущение о том, что темп освоения Луны будет близок к темпу освоения Антарктиды, то

примерно к 2020 г. следует ожидать активного функционирования на поверхности нашего вечного спутника нескольких десятков обитаемых баз и научных лабораторий.

Однако на настоящем («лунном») отрезке времени научно-технический прогресс имеет более крутую производную, нежели в прошлый («антарктический») период. Исходя из этого, можно думать и о более быстром прогрессе в деле освоения Луны (рис. 25).

На примере лунной международной лаборатории, проекты которой неоднократно обсуждались на различных конференциях, видно, что срок ее создания ныне определяется не состоянием космической техники, а уровнем международного сотрудничества. Готовность к совместным лунным и другим космическим свершениям на благо земли является в наше время пробным камнем для оценки истинного содержания внешней политики ведущих государств мира.

Хотя пока не подписано никаких официальных межгосударственных документов, определяющих конкретные сроки начала функционирования постоянной лунной базы, мысль исследователей нередко обращается к Луне как к месту строительства самых разнообразных сооружений (рис. 26). Обсуждается их архитектура. Здесь рассматриваются и металлические шары (К. Снелльсон), и веерообразные конструкции из стали и пластмассы (П. Мэймон). Опираясь на идеи, подсказанные живой природой, советские архитекторы-бионники разрабатывают самовозводящиеся здания, напоминающие распускающиеся бутоны цветов. Как и на Земле, в дело могут пойти и надувные конструкции. Есть проекты (также предложенные отечественными специалистами), заключающиеся в возведении крыш над лунными кратерами.

По мнению специалистов одной из американских фирм, для строительства на Луне нет материала лучше бетона. Он защитит от солнечной радиации и микрометеоритов, хорошо сохранит тепло. В лунной почве с избытком представлен минерал анортозит, содержащий 20% двуокиси кремния, много и алюмосиликатов. Воду можно получать из гельменита, который при нагревании до температуры 800°С выделяет кислород. Водород для синтеза воды можно доставлять с Земли¹.

¹ Дом на Луне // Химия и жизнь. 1986. № 1. С. 32.



Рис. 25. Незнайка с другом очутились на поверхности Луны
(рис. Валька)

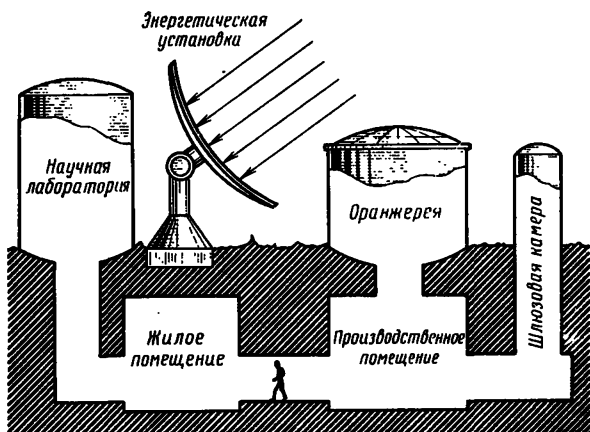


Рис. 26. Схема лунной базы для длительного пребывания людей [по: Уманский, 1985]

Другая исследовательская группа для синтеза воды показала возможность получения водорода из лунного грунта.

Лунная сила тяжести, составляющая одну шестую от земной, создаст определенные «льготы» строителям лунных сооружений. Приспособление человека к такому уровню гравитации происходит без особых трудностей. Работоспособность людей в условиях длительного пребывания на Луне, по-видимому, не уступит работоспособности экипажей орбитальных станций, находящихся аналогичное время в невесомости. Данное обстоятельство является залогом эффективного освоения «седьмого континента», как иногда называют естественный спутник Земли — Луну.

Таким образом, различные области Солнечной системы постепенно станут достигаемыми и подвластными человеку. Перспективные планы нацелены не только на исследование, но и на решительное преобразование космоса соответственно потребностям земной цивилизации. Разрабатываемые в рамках космонавтики научные концепции тесно связаны с созданием инфраструктуры промышленного освоения различных регионов свободного пространства, поверхности и недр небесных тел. В перспективном планировании ищут свое выражение такие тенденции современной космонавтики, как удешевление полетов, повышение их массовости и безопасности, нарастание их эффективности, длительности и частоты. Долговременные планы становятся связующим звеном между прогнозами разных эшелонов и планами текущими. В процессе перспективного планирования темпы и формы освоения космического пространства увязываются с прогнозируемой эволюцией потребностей общества, с демографическими факторами, с требованиями рационального использования ресурсов.

Как ясно из анализа отечественных и зарубежных (прежде всего американских) материалов, перспективное планирование космических миссий стало ареной противоборства двух взаимоисключающих подходов к вопросу о переносе гонки вооружений в космос. Между тем непредубежденному наблюдателю совершенно очевидно, что милитаристская деятельность в космосе представляет собой серьезнейшую опасность для человечества, подрывает основу для сотрудничества в мирном космическом строительстве, блокирует планы

созидательной деятельности в свободном пространстве и на других небесных телах.

Предотвращение угрозы милитаризации космоса способствовало бы планомерному вовлечению освоенных регионов космического пространства в сферу не только хозяйственного, но и культурного использования. Человечество смогло бы вкушать новые плоды животворного влияния космонавтики на природу, экономику и общественные отношения. Мир, демократия, социализм — вот условия для того, чтобы наука о космосе, как и наука вообще, говоря словами В. И. Ленина, «входила в плоть и кровь, превращалась в составной элемент быта вполне и настоящим образом» [Ленин, т. 45, с. 391].

Уже сегодня космонавтика превратилась в неотъемлемую составляющую нашего материального и духовного бытия. Рассказ о настоящем и будущем освоения космоса будет неполным, если не затронуть, хотя бы бегло, некоторые вопросы социальных, психологических, культурных преобразований, вызываемых космонавтикой.

Расширение ареалов обитания всегда сопровождалось обновлением в сфере психологии личности и коллектива. Так, огромные просторы, постоянное преодоление климатических трудностей особым образом выковывали сибирский характер. Писатель В. Г. Распутин [1985] выделяет черты, сложившиеся за столетия освоения и обживания зауральской стороны. Сибиряк воспринимает природу как часть своей души. Он более прямолинеен, скорее молчалив и замкнут, чем эмоционально красноречив. Он научен суровой своей родиной не отступать и в малом, чтобы не потерять большего. Он бережлив и запаслив, но поделиться последней краюхой хлеба для него так же естественно, как местом у таежного костра или местом под Солнцем. Он прост, бесхитростен, но... далеко не простофиля.

Пройдут десятилетия, и, быть может, подобными словами будет рисоваться обобщенный социально-психологический портрет строителей лунных и планетарных баз, жителей «эфирных городов». Отличительной чертой их будет считаться человеческая надежность, без которой немыслимо противоборство с враждебными экстремальными силами.

Грандиозный размах внеземной деятельности породит новый склад личности, незаурядный по яркости и

силе. Уже не сотни, как сегодня, а многие тысячи людей, прошедших горнило космических испытаний, составят цвет и славу не только своих наций, но всего человечества. Гигантская кузница, где куются характеры землян,— вот как будет выглядеть Солнечная система с точки зрения социальных психологов будущего. Изменения структуры личности людей, чьим местом жизни и работы стал космос, затронут эмоциональную и интеллектуальную сферу, отразятся на общем строе мыслей, поступков и межличностных отношений, станут предметом изучения писателей — «инженеров человеческих душ».

В пилотируемой космонавтике, как, пожалуй, ни в каком другом виде деятельности, результаты труда зависят от того, насколько удачно сопряжены моральный настрой и психофизиологические особенности человека с возможностями современной техники. Успех такого сопряжения, демонстрируемый ныне в космосе десятками специалистов, делает зримым новый уровень эффективности и производительности труда — уровень, который через 15—20 лет обязан стать общей нормой.

Деятельность космонавта в полете подводит итог длительной подготовки, венчает труд множества людей. Она является кульминационным пунктом в цикле научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, выступает этапом сбора решающей информации. Это пора получения результатов, подобная хлебоуборочной страде. Вспомним: жатва на селе всегда считается временем тяжелой и ответственной, но вместе с тем радостной и праздничной работы. Социально-психологическая атмосфера, в которой до сих пор готовятся и выполняются пилотируемые космические полеты, во многом напоминает обстановку страды. Речь идет об особой значимости результатов трудового процесса, о всенародных ожиданиях, связанных с его завершением, об уникальном сочетании в профессиональной деятельности космонавтов элементов опасного и радостного, трудового и торжественного.

Думается, что космонавтика демонстрирует яркий пример бережного отношения к человеческому труду и способам создания для него деловой и вместе с тем праздничной обстановки. Среди этих способов — умелая психологическая поддержка, подчеркнутое внимание к индивидуальности каждого исполнителя, развитая система моральных и материальных стимулов.



Рис. 27. Популярность космонавтов (рис. Валька)

Труд на космическом поприще не имеет ничего общего с разрекламированной гонкой за рекордами. К сожалению, внешняя «сенсационная» сторона космонавтики кое для кого затмевает истинную трудовую героиню космических будней. Главными атрибутами профессии космонавта ошибочно рисовались трибуны, автографы и цветы (рис. 27).

Истинным героям космоса органически присущи внутренняя культура, скромность, такт, а их подвиги не нуждаются в пагнетании эмоций «преодоления» — приеме, нередко используемом западными журналистами.

О том, насколько трудно достается человечеству продвижение по звездному пути, свидетельствуют трагические случаи гибели космонавтов при подготовке и в ходе космических полетов. К сожалению, без подобных трагедий не обходилось и при освоении Мирового и воздушного океанов, других неизведанных областей.

27 января 1967 г. пожар, возникший при наземной отработке космического корабля «Аполлон», унес жизни американских астронавтов В. Гриссома, Э. Уайта и Р. Чаффи. 24 апреля 1967 г. во время посадки космического корабля «Союз-1» в результате отказа парашюта погиб летчик-космонавт СССР В. М. Комаров. 30 июня 1971 г. при возвращении на Землю в

результате нарушения герметичности кабины корабля «Союз-11» погибли советские космонавты Г. Т. Добровольский, В. Н. Волков, В. И. Пацаев. 28 января 1986 г. взрыв космического корабля «Чэлленджер», произошедший на второй минуте после запуска, оборвал жизни сразу семи американских астронавтов: Ф. Скоби, М. Смита, Д. Резник, Э. Онизуки, Р. Макнейра, Г. Джарвиса и Ш. К. Макколиффа. Эта катастрофа послужила предупреждением: если может потерпеть аварию корабль многоразового использования, то тем более опасны планы размещения на орбитах ударных космических вооружений, случайный сбой в управляющих системах которых обернется несоизмеримо большей трагедией для всего человечества.

Апологеты «стратегической оборонной инициативы» хотят сделать космос потенциальным источником смерти, а ведь он может и должен стать местом рождения — в самом прямом смысле этого слова. Хотя влияние невесомости на внутриутробное развитие человеческого эмбриона пока еще не изучено, видимо, она не станет препятствием к нормальному ходу процессов эмбриогенеза и не помешает физиологическому течению родов. Это событие может произойти в самом начале будущего столетия. Первый человек, родившийся вне Земли, станет ярким символом космической экспансии человечества. Вслед за первенцем последует множество тех, кому космические поселения будут родным домом. Кроме эмоционального, физиологического и медицинского, имеется и технико-экономический аспект проблемы: начиная с некоторых предельных значений числа поселенцев и удаления поселения от Земли, целесообразнее самостоятельное воспроизводство космической колонии, нежели доставка ее членов с Земли.

Космические дети, которым придется следовать по маршруту Космос — Земля — Космос, будут подвергаться весьма контрастным гравитационным воздействиям. Быть может, при соответствующей дозировке эти перепады окажутся благоприятными для формирования особо эффективных механизмов регуляции физиологических функций. Для детей, родившихся на Земле, также может оказаться полезной «купель невесомости», которую можно будет периодически посещать, поднимаясь на орбиту. Ведь сообщается же о выраженном оздоравливающем и закаляющем воздействии ранних — с первых же недель жизни — уроков плавания. Реше-

ние одной из основных проблем космической медицины, связанной с адаптацией к невесомости и реадаптацией к земной силе тяжести, таким образом, может послужить в XXI в. становлению качественно нового уровня здоровья и закалки массовых контингентов населения.

Условия космического полета предоставляют практической медицине ряд удобств, на одно из которых указывал еще К. Э. Циолковский: невесомость исключает развитие пролежней у больных, которым показан постельный режим. В этом же плане может оказаться эффективным лечение в невесомости ожоговых больных, у которых поражена значительная часть поверхности кожи. Отсутствие давления опоры умерит их страдания, а всесторонняя аэрация с применением специальных аэрозолей окажет максимально возможный лечебный эффект.

Некоторые американские специалисты еще после полетов на «Скайлэбе» оптимистически утверждали, что к полетам продолжительностью от двух недель до одного месяца может быть допущено практически все население Земли. При этом они указывали, что космические полеты могут использоваться даже в лечебных целях, например для лечения некоторых видов гипертонической болезни.

Другие исследователи обращают внимание на возможное увеличение продолжительности жизни в невесомости, которое следует ожидать вследствие происходящего снижения скорости метаболических процессов.

На орбитальных станциях и в космических поселениях будущего широко распространится светотеплолечение, благо Солнце не закрывается облаками, а силу его лучей легко регулировать соответствующими светофильтрами. Специалисты издавна знают о лечебных эффектах гелиотерапии. В тканях, разогретых Солнцем, ускоряются процессы обмена веществ, расширяются кровеносные сосуды. Это приводит к улучшению питания пораженных участков тела, ускоряет рассасывание воспалений, снимает боль. Сообщалось о том, что в сочетании с другими методами больные гораздо быстрее излечиваются от недугов верхних дыхательных путей и легких, радикулитов, суставного ревматизма.

Что же касается усиленного кровоснабжения головного мозга в невесомости, то это может способствовать интенсификации высших психических функций — памяти, внимания, эвристического мышления и т. д. Если

выявятся подобные эффекты, орбитальные станции будут целенаправленно использоваться как школьные классы и студенческие аудитории, и учебный процесс в них пойдет особенно эффективно. Космос станет излюбленным местом творчества научной и художественной интеллигенции.

В космических поселениях XXI в. будет небывало высок авторитет практического врача. Решение проблемы подготовки врачей-космонавтов непременно скажется на прогрессе здравоохранения. В условиях наблюдаемой дифференциации земной медицины на большое число узких специальных областей появление врач-универсала безусловно явится прогрессивным процессом. Это будет как бы отрицание отрицания, возвращение на высшем, поистине космическом уровне к всесторонней подготовке и всеобъемлющему клиническому мышлению земских врачей.

И медицина, и техника, и технология в космическом исполнении возьмут с Земли все лучшее, самое надежное и современное. Это будет отчетливо наблюдаться на орбитальных заводах с высокой степенью автоматизации и роботизации производственных процессов.

В XXI в. от космонавтики получит дальнейшие импульсы к развитию комплекс паук, объединяемых названием информатика. Уже сегодня объем информации, обрабатываемой при полетах космических аппаратов, измеряется миллионами бит в секунду. Экипажи орбитальных станций пользуются бортдокументацией, масса которой составляет не один десяток килограммов. Потребности управления (в том числе и медицинского) полетами императивно диктуют внедрение индустриальной технологии хранения и переработки информации. В практике обеспечения космических полетов грядущего века хранение информации на бумажном носителе покажется анахронизмом: никто не успеет даже перелистать тысячи страниц, испещренных цифрами и символами. Переход к новым, в частности лазерным, способам хранения и обработки информации, наиболее стремительный в космосе, параллельно будет широко распространяться на Земле. Все члены сообщества, составляющего население «эфирных городов», в своей работе и обыденной жизни смогут образовывать эффективный симбиоз с компьютерами. Если на Земле процесс компьютеризации подчас вынужден преодолевать немалые психологические барьеры, то в силу особенностей

и условий труда космических поселенцев они не мыслятся отдельно от персональной ЭВМ. Человек, не владеющий основами компьютерной культуры, будет восприниматься в космических поселениях как неполноценный, социально ущербный член общества.

Космонавтика сделает реальностью мечту выдающегося американского изобретателя Н. Тесла о всемирном телеграфе и телефоне, обеспечивающем индивидуальную, строго избирательную связь практически неограниченного числа людей по всему свету. Н. Тесла уподоблял такую сеть, связующую миллиарды абонентов, первой системе. Отсюда вытекают требования к надежности космических средств связи, которая пока не всегда достаточна. Так, в августе 1985 г. была прервана телефонная связь между Джакартой и многими городами, расположенными на островах Малайского архипелага, составляющими три четверти территории Индонезии. Произошло это потому, что спутник связи производства американской компании «Хьюз эйркрафт корпорейшн», к которому были подключены индонезийские телефоны и телевизионные каналы, перевернулся и принял нерабочую позицию, — еще один аргумент-предостережение против попыток передоверить судьбу мира космическим автоматам.

Достижения научно-технического прогресса, связанные с космонавтикой, имеют, к сожалению, и свою оборотную сторону. Новейшая компьютерная техника, подобная используемой при управлении полетами, приводит в буржуазном обществе к явлению, о котором с тревогой пишут прогрессивные публицисты, — к феномену «насквозь просвещенного человека». Каждый поступок — от мелкой покупки до посещения психиатра — фиксируется в электронном досье. Так называемое публичное одиночество, обусловленное пристальным наблюдением за космонавтами в полетах, реализуется с их ведома и добровольного согласия и направлено на обеспечение их благополучия и безопасности. Однако применение сходных методов для контроля за поведением граждан в цивилизованном обществе равнозначно подглядыванию в замочную скважину и несовместимо с осуществлением прав человека.

Вероятно, освоение космических сфер может изменить, и иногда причудливым образом, некоторые традиции. Так, в чисто американском духе дельцы от космоса предложили новый и оригинальный способ захоро-

нения — предавать прах космосу. Первый «вывод праха» на околоземную орбиту с апогеем 3 тыс. км намерена произвести в ближайшее время фирма «Спейс сервисиз инкорпорейтед», возглавляемая ни кем иным, как американским астронавтом Дональдом Слейтоном. Уже скалькулирована и минимальная цена за услуги — 3900 долл. за капсулу. Погребальные капсулы предполагается производить из материалов с высокой отражательной способностью, так что в ясные ночи с помощью телескопов опечаленные сородичи смогут наблюдать, как усопшие проносятся над их головами в своих летающих гробницах. Эти небесные катафалки смогут оставаться на орбите около 63 млн лет. Основатели фирмы «Спейс сервисиз» утверждают, что в будущем можно будет посылать «дорогих покойничков» не только на Луну, но и в межзвездное пространство¹.

Взоры людей все чаще обращаются к космосу и как к непроизводственной сфере деятельности. На карте Солнечной системы житель будущего века найдет не только индустриальные центры, но и экзотические уголки, пригодные для отдыха, путешествий, туризма.

В одной из бесед с журналистами академик М. В. Келдыш говорил о том, что в перспективе возможно создание корабля, на котором будут также кататься по воскресным дням, как сейчас на катерах катятся по Москве-реке.

Уже в наши дни в рейсах на орбиту иногда участвуют и непрофессиональные космонавты. Среди них — политические деятели. В состав экипажа космического корабля «Дискавери», запущенного 13 апреля 1985 г., входил сенатор Дж. Гарп (республиканец, от штата Юта) — председатель сенатского подкомитета, ведающего выделением ассигнований на деятельность НАСА. В состав экипажа космического корабля «Колумбия», запущенного 12 января 1986 г., был включен член палаты представителей конгресса США Билл Нельсон. Космонавты-непрофессионалы активно выполняют все возможные эксперименты, запланированные программой, и отнести их участие в полетах к разряду космического туризма пока что нельзя.

Когда-нибудь отношение к пространству, отделяющему Луну от Земли, не будет существенно отличаться от восприятия Атлантического океана, разделяющего

¹ Аргументы и факты. 1985. 13 авг.

Старый и Новый Свет. Лайнеры, совершающие круизные рейсы по маршруту Земля — Луна — Земля, обеспечат пассажирам комфорт и уют. Продолжительность пребывания в полете будет приблизительно соответствовать продолжительности трансатлантического плавания. В 1909 г. лайнер «Лузитания» выполнил марафон через Атлантику за 4 сут 10 ч 51 мин — рекордный по тем временам результат. Прошло 60 лет, и экипаж лунной кабины «Аполлона-11» пересек пространство между Землей и ее «седьмым континентом» (как иногда называют Луну) за 4 сут 6 ч 45 мин. Можно предвидеть, что лучшим пассажирским кораблям, курсирующим к Луне, будут присуждаться особые призы, аналогичные «Голубой ленте Атлантики». Этот ежегодный приз, учрежденный в 1840 г. судовладельцем Кунардом, присуждается тому пассажирскому судну, которое в рекордное время преодолевает дистанцию длиной около 3000 миль между определенными пунктами, расположенными у берегов Европы и Северной Америки. Как известно, в борьбе за почетный трофей совершенствовались корабельная наука и практическое судостроение, рождались шедевры корабельной архитектуры.

Привлекательность для пассажиров и в конечном счете конкурентоспособность будущих космических лайнеров, как и нынешних океанских, определится рядом составляющих: надежность и безопасность, мощность двигателей, соответствие оборудования высшим мировым стандартам, качество оформления судовых отсеков и кают, качество сервиса. В расчет войдет и архитектурный облик космического корабля.

Эра освоения космоса диктует совершенно новые подходы к решению традиционных архитектурных проблем. Отсутствие сопротивления воздуха позволяет формировать внешний облик заатмосферных кораблей без намека на обтекаемость. Отсутствие веса избавляет от множества трудностей, хорошо знакомых проектировщикам земных конструкций. По существу, сооружения в свободном пространстве идеально искусственны в смысле снятия многих ограничений для воплощения замыслов человека-творца. Возможны самые разнообразие формы и конфигурации, самые необычайные пропорции. Наиболее используемыми в космической архитектуре геометрическими телами ныне являются шар, цилиндр и конус. Из округлых (сферических, цилиндрических) и конических очертаний складывались силуэ-

ты отсеков и модулей наиболее известных космических аппаратов. Своеобразный вид, напоминающий птицу с распростертыми крыльями, придают кораблям и станциям панели солнечных батарей. Штырьковые, ленточные и параболические антенны являются немаловажными деталями, дополняющими внешний эскиз.

По мнению Я. К. Голованова, жизнь в невесомости сама требует изменения архитектурных форм среды обитания и пересматривает земной опыт. Голованов предлагает такую формулировку: плоскость, перпендикулярная вектору гравитационного поля, есть основной элемент любой архитектуры, существующей в любом гравитационном поле. Поэтому земную архитектуру в принципе допустимо назвать плоскостной в сравнении с воистину объемной архитектурой невесомости.

Космическим архитекторам придется столкнуться со следующей особенностью. Если на Земле конструкции чаще всего работают на сжатие, то в космосе они будут испытывать преимущественно силы растяжения.

Я. К. Голованов пишет, что невесомость потребует «космического» переосмысления дизайна. Она открывает необъятные перспективы для самого смелого поиска и дерзкого экспериментирования. В частности, «люди в „эфирных поселениях“ отвыкнут от наших прямоугольных комнат так же легко, как отвыкли от пещеры, шалаша, курной избы... Может быть, обиходное понятие „родной угол“ превратится в космосе в „родной шар“» [Голованов, 1985, с. 138].

Задумываясь над проблемами архитектуры в космосе, профессор Г. И. Покровский анализирует влияние приливообразующих сил, действующих на крупные орбитальные станции. Он предполагает, что будущие крупные станции будут иметь большую ось, вытянутую вертикально (по линии, идущей через центр небесного тела); средняя по величине ось ляжет в плоскости орбиты, а наименьшая из осей — перпендикулярно плоскости орбиты. Г. И. Покровский указал на неизменность расстояния между орбитальными станциями, каждая из которых растянута на сотни километров в вертикальном направлении и которые движутся в кильватерном строю по круговой орбите. Из-за отсутствия трудностей при соединении таких станций, находящихся в состоянии гравитационной стабилизации, из них можно создать гигантские орбитальные объекты, имеющие форму дуги с центром в середине притягивающего их небесного тела.

Такая дуга в конце концов может замкнуться в кольцо, а их можно построить много, используя различные высоты орбит. «Кольца и их системы, по-видимому, следует считать одной из образующихся с объективной закономерностью классических форм будущей архитектуры Космоса, более очевидных и прекрасных, чем дорическая колонна или римская арка», — писал Г. И. Покровский [1972, с. 345—351], намечая на более отдаленную перспективу систему искусственных колец, охватывающих Солнце и трансформирующихся в сферу Дайсона.

Энтузиаст космической архитектуры пытается парисовать Солнечную систему, какой она, возможно, будет выглядеть через тысячи лет с позиции галактического наблюдателя. Из будущего и извне! Так, древнегреческие мудрецы пытались вообразить вид Земли с космической орбиты. До наших дней дошел художественный «космический прогноз», изложенный Сократом своему слушателю Симмию. «Итак, друг, рассказывают прежде всего, что та Земля, если взглянуть на нее сверху, похожа на мяч, спитый из двенадцати кусков кожи и пестро расписанный разными цветами. Краски, которыми пользуются наши живописцы, могут служить образчиками этих цветов, но там вся Земля играет такими красками и даже куда более яркими и чистыми» [цит. по: Нерсисянц, 1980].

«Красота-то какая!» — воскликнул Ю. А. Гагарин, впервые увидев Землю из космоса. Стремясь донести до людей эту красоту, космическую тему в живописи развивают А. А. Леонов, В. А. Джапибеков, А. К. Соколов, английский художник Харди и многие другие.

В музыкальной жизни обращение к авиационно-космическим сюжетам имеет свои традиции. Премьера оперы «Икар» композитора Анри Дойча де ла Мерта, поставленной в парижском театре Гранд-опера, была приурочена к празднику французской авиации 19 декабря 1911 г. В Национальном театре в Праге в 1920 г. шла оперная дилогия, поставленная по фантастической и сатирической повести Святошука Чеха «Путешествие господина Броучека на Луну». Исторический характер носила опера «Крылатый холон» В. Васильева, шедшая на сцене Саратовского театра оперы и балета им. Н. Г. Чернышевского.

Группа людей спасается от ядерной войны, улетающая на борту космического корабля под названием «Аниа-

ра», — таков сюжет оперы, украсившей программу фестиваля в Стокгольме (Королевская опера) в 1959 г. Тогда же появилась космическая опера «Спутник», написанная под впечатлением запуска первого искусственного спутника Земли. Премьера состоялась 18 декабря 1959 г. на сцене Королевской оперы в бельгийском городе Генте. В экипаже, достигшем Луны, волею либреттиста К. Морре оказались адмирал, ученый, математик, техник, механик, матрос, два пилота, учитель, поэт. Поэт, встретив Королеву Луну, влюбляется в нее. Она отвечает ему взаимностью, и они отправляются на Землю... Однако к оперному искусству, которого касаются перечисленные примеры, космизация музыки отнюдь не сводится [Штейнпресс, 1985].

Можно назвать целый ряд песен советских композиторов, в героико-патриотическом или же в лирическом духе воспевавших наши первые победы в мирном освоении Вселенной. Ярким и часто исполняемым произведением стала увертюра А. Петрова к кинофильму «Укрощение огня». Космонавтика придала новое звучание некоторым хорошо знакомым ранее музыкальным произведениям. Песня Д. Д. Шостаковича на слова Е. А. Долматовского «Родина слышит, Родина знает» стала позывными «Последних известий» Всесоюзного радио: всем известно, что Гагарин пел эту песню, возвращаясь на Землю из космического полета. Память о первопроходце космоса увековечена, в частности, в цикле песен А. Н. Пахмутовой на слова Н. Н. Добронравова «Созвездье Гагарина». Композиторы ищут новые, подчас непривычные созвучья и ритмы, чтобы попытаться выразить в музыке величие космической темы.

К этой необъятной теме не остаются равнодушными деятели театра и кино. Активно ее разрабатывают писатели — и не только фантасты, но и прозаики и поэты. Космонавтика привлекает их накалом борьбы с загадочными силами природы, раскрытием самобытных характеров в экстремальных ситуациях, не встречающихся на Земле.

Кому, как ни художникам слова, подумать об изменениях, которые привносятся космонавтикой в речь и язык. Пора задуматься о том, какие названия будут носить космические корабли и станции будущего, улицы и проспекты космических поселений. Многие из них обретут имена героев освоения космоса.

Пользуясь правом первооткрывателей, отечествен-

ные исследователи еще в 1960 г. присвоили ряду образований на обратной стороне Луны имена советских и зарубежных ученых, а также организаций. Это стало возможным в результате фотосъемки станцией «Луна-3» невидимой ранее стороны нашего вечного спутника. На лунном глобусе, который был вскоре выпущен, появились «Море Москвы», «Море Мечты», «Залив Лунника». Тем самым было положено начало процессу наименования образований Солнечной системы, обязанных своим открытием космонавтике. Активно работает Комиссия по космической топонимике АН СССР. Те названия, которые имеют, казалось бы, лишь академический интерес, в ближайшее столетие зазвучат, обозначая в различных регионах Солнечной системы места великих созидательныхстроек.

В исторической перспективе нельзя исключить формирования новых диалектов и даже языков у больших популяций людей, расселяющихся в просторах космоса. Форсировать этот процесс и создавать некое космическое эсперанто сегодня было бы преждевременно. Но по мере обретения все большим числом искусственных биосфер независимости от Земли, видимо, будет устанавливаться разумная степень децентрализации отдельных человеческих сообществ. Как и в живом организме, известная доля самостоятельности в регуляции органами своих функций обеспечивает всему организму (а в нашем случае — всей космической цивилизации) большую жизнеспособность.

В условиях относительной автономии множества космических поселений и их конгломератов, действительно, вероятны значительные модификации исходных проявлений культуры, в том числе и старых средств речевого общения.

Проблема целостности человечества, распространяющегося по Галактике, во многом определится «коммутационным запаздыванием» сигналов, обусловленным огромными расстояниями и конечной величиной скорости света. Это будет в некотором смысле возврат к старым временам, когда вести о событиях в митрополии доходили до окраин через недели и месяцы.

Осваивая космос, человечество много раз столкнется с явлениями, рассогласующимися с обыденным здравым смыслом. Нового и необычного — такого, что «ни в сказке сказать, ни пером описать», — в космосе предостаточно.

В середине XXI в. на одном из земных космодромов 20-летний сын сможет проводить в полет своего 40-летнего отца. Если техника будущего обеспечит достижение околосветовых скоростей, то, согласно теории относительности, темп течения времени на космическом корабле сократится. Может статься, что отец, пробыв в полете 10 лет и достигнув 50-летнего возраста, приземлится и попадет в объятия своего 70-летнего сына! Ведь в земной системе координат время будет течь не в замедленном, а в обычном темпе, и для всех обитателей нашей планеты пройдет не десять (как на звездолете), а целых 50 лет. Проблема отцов и детей в этом случае приобретет неожиданный аспект, непредусмотренный И. С. Тургеневым, но угадывавшийся А. Эйнштейном.

В изучении эффектов полета с релятивистскими скоростями, как и в изучении множества космических проблем, успех будет зависеть от всесторонности охвата явлений физического, биологического, социально-психологического порядка. Это лишний раз подтверждает, насколько чужд космонавтике разрыв гуманитарного и технического знания (получивший отражение в теории «двух культур» английского писателя Ч. Сноу).

Развитие техники космонавигации стимулирует поиск «космических эквивалентов» земных гуманитарных дисциплин. Так, Х. Шенли ввел понятие «космической этики», отталкиваясь от следующего соображения: «Наш человеческий род, разумный человек, переживает в настоящее время одну из кризисных эпох. Преодолеет ли он кризис благодаря применению разума и отказу от перазумной алчности или же присоединится к биологическим неудачникам прошлого, которые из-за неспособности противостоять своим кризисам давным-давно перестали видеть по почам мир практически вечных звезд?» (цит. по: Урсул, Школенко, 1976, с. 94).

Серьезные попытки подвергнуть философскому осмыслению процесс космизации естествознания и культуры принадлежат отечественным исследователям, таким, как И. М. Забелин, Н. А. Варваров, Е. Т. Фаддеев, А. Д. Урсул, Ю. А. Школенко и др.

Освоение космоса вызывает к жизни мощные интегрирующие тенденции, сближающие пути развития точных наук и гуманитарного знания. Космонавтика спо-



Рис. 28. Пока еще это — фантастика... Так художник представляет встречу космонавтов Земли с инопланетянами (рис. И. Г. Макаревича, из журнала «Знание — сила», 1966, № 9, с. 48)

способствует формированию единой концепции, в которой удастся выразить природу человека. Здесь трудно переоценить роль космической биологии и медицины. Невосводимая к чисто техническим достижениям, космонавтика обещает дальнейшие преобразования в сфере духовного производства, и не только пауки, но и этики, эстетики, искусства, литературы. Некоторые из таких преобразований, о конкретных примерах которых шла речь выше, сегодня еще могут показаться случайными и разрозненными. Завтра они станут с очевидностью закономерными, а приближающийся XXI в. сольет тонкие ручейки космизации духовной жизни человечества в единый могучий поток.

По мере того как космические поселения обретут автономию, на окраинах Солнечной системы, а затем и вне ее возникнут очаги культуры, исключительные по новизне, богатству и самобытности. Традиционные земные горизонты человеческой мысли, истории, искусства окажутся лишь одним из вариантов мировой мысли. Человеческая цивилизация станет плодом взаимодействия духовной жизни земных стран и народов с новыми культурами, развившимися в искусственных биосферах космических поселений.

Воистину, счастливы будут те жители грядущих столетий, кто соединит в своем сознании два мира — космоса и Земли (рис. 28).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Среди ликующей толпы, пришедшей 12 апреля 1961 г. к стенам Кремля, выделялась группа студентов-медиков. В лозунге, который будущие врачи написали на своих белых халатах, отразился и небывалый прилив энтузиазма, и дерзкий юношеский максимализм: «Все в космос!» Этот эпизод выглядит сегодня символом, объединяющим идею о космической экспансии человечества с признанием особой роли в этом процессе медико-биологических дисциплин.

В космических центрах и лабораториях халат врача и скафандр космонавта находятся в близком соседстве, а люди, облачающиеся в них, — в тесном союзе. Расширяется круг лиц, для которых обе эти формы профессиональной одежды одинаково привычны. Все больше медиков, биологов, психологов «причащаются» к космическим проблемам. Зарождаются новые теории, разворачиваются экспериментальные исследования. Решение медико-биологических задач снимает одно за другим ограничения, стоящие на пути освоения космоса. Нет сомнений, что год от года все больше людей будет отправляться за пределы Земли.

Над перспективными планами обживания и индустриализации Солнечной системы склоняются пред-

ставители точных наук, политические лидеры, специалисты гуманитарного профиля, но среди них все громче и весомее слова специалистов, стоящих на охране жизни и здоровья человека.

Давно стали врачами и повзрослели на четверть века студенты, бросавшие задорный клич «Все в космос!». Как и медико-биологическая наука космической эры, они обрели зрелость, достаточную для нового — глобального и вместе с тем реалистического взгляда на вещи. Нашим возмужавшим современникам ближе не призыв к заатмосферной эвакуации («Все в космос!»), а скорее, осознание безусловной принадлежности «планеты людей» и всех ее обитателей к великому космическому океану («Все — в космосе!»). На рубеже XXI в. космонавтика сильна не тем, что настраивает человечество на безотлагательный отлет в мировое пространство, а тем, что дает предельно ясное понимание: все мы — космические путешественники по околосолнечной орбите и благополучие нашего и многих последующих поколений зависит от благополучия гигантского корабля по имени «Земля».

Надо летать в космос, чтобы выплатить долг земной биосфере, которой люди изрядно задолжали. Уйти в опасные дали космоса, чтобы сохранить Землю пригодной для жизни. Уйти, чтобы стать мудрее. В каких бы отдаленных уголках свободного пространства или же планет ни развернулись космические поселения, какой бы степенью автономии они ни обладали — все равно Земля останется фундаментальной точкой отсчета, историческим центром космической экспансии человечества, его материнской планетой.

Тем более безрассудными и зловещими представляются планы использования околоземного пространства в качестве театра военных действий.

Вспомним время первых полетов — первых свиданий человека со Вселенной. Космос казался тогда то нераспаханной целиной, то чистым листом бумаги, на котором трудолюбивое человечество пишет запово свою биографию.

Космическая эра властно диктует преодоление косности, инерции устаревших представлений во всех сферах жизни людей: от быта и до мировой политики. Советский Союз решительно заявил о необходимости ломать привычную «логику» гонки вооружений.

Правильно говорится, что вооружение — не муску-

лы, а раковая опухоль, высасывающая жизненные соки из человеческой цивилизации. Не допустить метастазирования этой страшной опухоли в космос — значит открыть дорогу к полной и повсеместной ликвидации ядерного оружия к 2000 г. Эта высокая цель поставлена нашей страной в повестку дня мировой политики во имя обеспечения надежной безопасности нынешним и грядущим поколениям землян.

Когда пишутся эти строки, успешно завершен международный проект «Вега». Ныне вызывают улыбку наивные соображения давнего времени о том, что комета Галлея, повстречавшись с Землей, может ее разрушить. Судьба нашей планеты зависит от ее обитателей. В их силах сделать так, чтобы, вернувшись к Земле в год столетия полета Ю. А. Гагарина, комета Галлея застала мирную Землю в мирном космосе.

Очень хотелось бы прогнозировать именно такой ход событий. Прогнозы, даже и не очень конкретные — сродни музыке. Они питают фантазию, будят надежды, требуют для своего прочтения проявлений человеческой индивидуальности от каждого. Люди, вглядывающиеся в картины будущего, как бы озаряются их светом — лучше становятся заметны их собственные черты. В этой неконкретности, с какой нам видится будущее кроме ярко индивидуального, есть вместе с тем великое общечеловеческое начало — жажда лучшей жизни и всеобщая тяга к миру. Это сближает сердца, когда люди смотрят вперед, в звездный XXI век.

ЦИТИРУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Энгельс Ф. Диалектика природы // Маркс К., Энгельс Ф. Соч., 2-е изд. Т. 20. С. 599.
- Ленин В. И. Лучше меньше, да лучше (1923 г.) // Полн. собр. соч. Т. 45. С. 389—406.
- Авдуевский В. С. В космос, на стройку // Комс. правда. 1986. 29 янв.
- Аксенов С. И., Давыдов В. Д., Заар Э. И., Рубин А. Б., Тополовский В. А. Марс как среда обитания // Проблемы космической биологии. М.: Наука, 1976. Т. 32. 232 с.
- Александров А. П. В чем ответственность науки? // Известия. 1985. 9 июня.
- Альвен Х. Полеты к астероидам // Будущее науки. М.: Знание, 1973. Вып. 6. С. 112—125.
- Афанасьев В. Г. Общество: системность, познание и управление. М.: Политиздат, 1981. 432 с.
- Балобанов В. М., Мороз В. И., Мухин Л. М. Первый этап космической экспедиции «Вега»: исследование Веперы // Природа. 1985. № 8(840). С. 3—12.
- Белкин С. И. Голубая лента Атлантики. Л.: Судостроение, 1975. 296 с.
- Благов В. Д. Профессия на всю жизнь // Собеседник. 1985. № 47. С. 5.
- Бурба Г. А. Номенклатура деталей рельефа галилеевых спутников Юпитера. М.: Наука, 1984. 88 с.
- Вавилов С. И. // Природа. 1941. № 5. С. 11.
- Верн Ж. Гектор Сервадак: Пер. с фр. // Собр. соч. М.: Гос. изд-во худож. лит., 1956. Т. 7. С. 318—326.
- Ветров Г. С. Робер Эсно-Пельтри. М.: Наука, 1982. 192 с.
- Газенко О. Г. Человек в космосе // Космич. биология и авиакосмич. медицина. 1984. Т. 18, № 1. С. 3—8.
- Газенко О. Г., Парфенов Г. П. Космическая биология в третьем десятилетии // Там же. 1982. Т. 16, № 2. С. 4—10.
- Газенко О. Г., Парфенов Г. П., Шепелев Е. Я. // Земля и Вселенная. 1981. № 1. С. 18—23.
- Газенко О. Г., Шепелев Е. Я. Длительные космические полеты и среда обитания человека // Космич. биология и авиакосмич. медицина. 1977. Т. 11, № 1. С. 10—13.
- Галлуа П. Стратегия в ядерный век: Пер. с фр. М.: Воениздат, 1962. 208 с.
- Гвишиани Д. М. Материалистическая диалектика — философские основы системных исследований // Системные исследования: Метод. проблемы. М.: Наука, 1980.
- Голдсмит Д., Оуэн Т. Поиски жизни во Вселенной: Пер. с англ. М.: Мир, 1983. 488 с.
- Голованов Я. Полет надежды // Комс. правда. 1985а. 14 июля. С. 3—4.
- Голованов Я. К. Архитектура невесомости. 2-е изд. М.: Машиностроение, 1985б. 144 с.
- Гончаров Б. Поэзия революции и «самовитое» слово // Вопр. лит. 1983. № 7. С. 118—134.
- Горбов Ф. Д., Корешков А. А. Космическая медицина. М.: Знание, 1963. 56 с.
- Гробстайн К. Стратегия жизни: Пер. с англ. М.: Мир, 1968. 144 с.

- Евич А. Ф. Индустрия в космосе. М.: Моск. рабочий, 1978. 224 с.
- Елисеев А. С. Техника космических полетов. М.: Машиностроение, 1983. 312 с.
- Жуков Г. П. Космос и мир. М.: Наука, 1985. 88 с.
- Земля становится больше // Правда. 1986. 11 апр.
- Зонова Л. М. США: государство и аэрокосмический бизнес. М.: Наука, 1973. 184 с.
- Ивановский М. П. Солнце и его семья. Л.: Детгиз, 1954. 424 с.
- Имшенецкий Л. А. Биологические эффекты экстремальных условий окружающей среды // Основы космической биологии и медицины: Совмест. сов.-амер. изд.: В 3 т. М.: Наука, 1975. Т. 1. С. 271—316.
- Кальвин М. Химическая эволюция: Пер. с англ. М.: Мир, 1971. 240 с.
- Камшилов М. М. Эволюция биосферы. М.: Наука, 1979. 256 с.
- Кемпфер Ф. Путь в современную физику: Пер. с англ. М.: Мир, 1972. 376 с.
- Комаров В. Н., Пановкин Б. Н. Занимательная астрофизика. М.: Наука, 1984. 192 с.
- Конечный Р., Боухал М. Психология в медицине. 2-е изд. Прага: Авиценум, 1983. 408 с.
- Коновалов В. От «Веги» к «Фобосу» // Известия. 1985. 13 нояб.
- Костицын В. А. (1935). Эволюция атмосферы, биосферы и климата: Пер. с фр. М.: Наука, 1984. 96 с.
- Лакосина Н. Д., Ушаков Г. К. Учебное пособие по медицинской психологии. М.: Медицина, 1976. 320 с.
- Лей В. Ракеты и полеты в космос: Пер. с англ. М.: Воениздат, 1961. 423 с.
- Лем С. Магелланово облако: Пер. с пол. М.: Гос. изд-во дет. лит., 1960. 384 с.
- Лилли С. Люди, машины и история: Пер. с англ. М.: Прогресс, 1970. 429 с.
- Ломоносов М. В. Вечернее размышление о божием величестве при случае великого северного сияния // Соч. М.; Л.: Гос. изд-во худож. лит., 1961. С. 145—146.
- Лопатников Л. И. Послесловие // Патури Ф. Зодчие XXI века. М.: Прогресс, 1983. С. 308—309.
- Макаров В. И. Режим труда и отдыха в длительных космических полетах // Физиологические исследования в невесомости. М.: Медицина, 1983.
- Макаров В. И. Три ритма // Наука и жизнь. 1986. № 1. С. 72—77.
- Макаров О. Г. Космические путешествия: благо или зло? // Будущее науки. М.: Знание, 1985. Вып. 18. С. 219—230.
- Мизун Ю. Г., Мизун П. Г. Космос и здоровье. М.: Знание, 1984. 144 с.
- Моисеев Н. Н. Система «Гоя» и проблема «запретной черты»: (Природа и будущее цивилизации) // Наука и жизнь. 1986. № 1. С. 54—66.
- Наан Г. И. К проблеме космических цивилизаций // Будущее науки. М.: Знание, 1984. Вып. 17. С. 267—277.
- Носов Н. Незпайка на Луне. Собр. соч.: В 4 т. М.: Дет. лит., 1981. Т. 3. 463 с.
- Основные направления экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года // Материалы XXVII съезда Коммунистической партии Со-

- ветского Союза. М.: Политиздат, 1986. С. 267—335.
- Перельман Р. Г.* Цели и пути покорения космоса. М.: Наука, 1967. 212 с.
- Платон.* Федон, 110 в — с // Платон. Избранные диалоги: Пер. с древнегреческого. М.: Худ. лит., 1965. С. 404—405.
- Полежаев А. Л.* Падает вверх. М.: Мол. гвардия, 1964. 224 с.
- Покровский Г. И.* Архитектура в космосе // Населенный космос. М.: Наука, 1972. С. 345—351.
- Рассел Э. Ф.* Пробный камень: Пер. с англ. // Знание — сила. 1966. № 9. С. 46—49.
- Распутин В.* «Послужить Отечеству Сибирью» // Известия. 1985. 2 нояб.
- Риффо К.* Будущее — океан: Пер. с фр. Л.: Гифрометеиздат, 1978. С. 10—12.
- Сагдеев Р. З., Зайцев Ю. И.* Проблемы и перспективы космических исследований // Будущее науки. М.: Знание, 1976. Вып. 9. С. 22—47.
- Севастьянов В. И.* Дневник над облаками. М.: Правда, 1977. 64 с.
- Севастьянов В. И.* Проявление некоторых психофизиологических особенностей человека в условиях космического полета // Психологические проблемы космических полетов. М.: Наука, 1979. С. 29—37.
- Сергеев В.* Космическая «пристройка» // Известия. 1985. 7 окт.
- Сержантов В. Ф.* Философские проблемы биологии человека. Л.: Наука, 1974. 160 с.
- Симменс Р.* Космос // Горизонты науки и техники: Пер. с англ. М.: Мир, 1969. С. 47—57.
- Уманский С. П.* Реальная фантастика. М.: Моск. рабочий, 1985. 240 с.
- Уорд Р.* Живые часы: Пер. с англ. М.: Мир, 1974. 240 с.
- Урсул А. Д., Школенко Ю. А.* Человек и космос. М.: Политиздат, 1976. 136 с.
- Фертгегг М.* Основы космонавтики: Пер. с нем. М.: Прогресс, 1966. С. 9—11.
- Храмцов А.* Есть 300 метров! // Правда. 1985. 6 дек.
- Циолковский К. Э.* Письмо Б. П. Воробьеву от 12 августа 1911 г. // Собр. соч. М.: Изд-во АН СССР, 1954. Т. 2.
- Циолковский К. Э.* (1911). Исследование мировых пространств реактивными приборами (1903, 1911, 1926 гг.) // Там же. С. 258—260.
- Циолковский К. Э.* Второе начало термодинамики. Калуга, 1914. С. 17—18.
- Циолковский К. Э.* (1929). Цели звездоплавания // Путь к звездам. М.: Изд-во АН СССР, 1960. С. 248—276.
- Циолковский К. Э.* (1919). Жизнь в межзвездной среде. М.: Наука, 1964. С. 11—13.
- Циолковский К. Э.* Впереди своего века. М.: Машиностроение, 1970. 312 с.
- Шарп М.* Человек в космосе: Пер. с англ. М.: Мир, 1971. 200 с.
- Шагназаров Г. Х.* Куда идет человечество. М.: Мысль, 1985. 192 с.
- Шепли Х.* Звезды и люди: Пер. с англ. М.: Изд-во иностр. лит., 1962.
- Шкловский И. С.* Вселенная, жизнь, разум. 4-е изд. М.: Наука, 1976. 368 с.

- Штейнпресс Б.* Авиация и космонавтика на оперной сцене // Муз. жизнь. 1985. № 15 (665). С. 3.
- Экономов Л. А.* Повелители огненных стрел. М.: Мол. гвардия, 1964. 320 с.
- Эмден Р.* Цит. по: *Певзнер Л.* Основы биоэнергетики: Пер. с англ. М.: Мир, 1977. 312 с.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Алякринский Б. С.* Биологические ритмы и организация жизни человека в космосе: Проблемы космической биологии. М.: Наука, 1983. Т. 46. 248 с.
- Варваров Н. А.* Седьмой континент. М.: Моск. рабочий, 1973. 288 с.
- Волович В. Г.* На грани риска. М.: Мысль, 1985. 207 с.
- Голованов Я. К.* Космонавт № 1. М.: Известия, 1986. 80 с.
- Другач Т. Б.* Человек в мире техники и техника в мире человека. М.: Политиздат, 1978. 112 с.
- Добров Г. М.* Прогнозирование науки и техники. М.: Наука, 1977. 208 с.
- Забельшанский Г. Б., Минервин Г. Б., Раппапорт А. Г., Со-мов Г. Ю.* Архитектура и эмоциональный мир человека. М.: Стройиздат, 1985. 208 с.
- Космодемьянский А. А.* Константин Эдуардович Циолковский. М.: Наука, 1976. 296 с.
- Космонавтика. Энциклопедия/Гл. ред. В. П. Глушко.* М.: Сов. энциклопедия, 1985. 528 с.
- Космонавтика СССР/Сост. Л. А. Гильберг, А. А. Еременко.* М.: Машиностроение — Планета, 1986. 496 с.
- Ксанфомалити Л. В.* Планеты, открытые заново. М.: Наука, 1978. 152 с.
- Ломов Б. Ф.* Человек и автоматы. М.: Педагогика, 1984. 128 с.
- Маров М. Я.* Планеты Солнечной системы. М.: Наука, 1981. 256 с.
- Попович И. Р., Губинский А. И., Колесников Г. М.* Эргономическое обеспечение деятельности космонавтов. М.: Машиностроение, 1985. 256 с.
- Результаты медицинских исследований, выполненных на орбитальном научно-исследовательском комплексе «Салют-6» — «Союз».* М.: Наука, 1986. 400 с.
- Солнечная система/Пер. с англ.* М.: Мир, 1978. 200 с.
- Справочник по космической биологии и медицине./Под ред. А. И. Бурязяна, О. Г. Газенко. 3-е изд., перераб.* М.: Медицина, 1983. 352 с.
- Творческое наследие академика Сергея Павловича Королева: Избранные труды и документы.* М.: Наука, 1980. 592 с.
- Уманский С. П.* Космонавтика сегодня и завтра. М.: Просвещение, 1986. 175 с.
- Урсул А. Д.* Человечество, Земля, Вселенная: Философские проблемы космонавтики. М.: Мысль, 1977. 264 с.
- Чазов Е. И.* Сердце и XX век. 2-е изд. М.: Педагогика, 1985. 160 с.
- Школенко Ю. А.* Философия, экология, космонавтика: (критический очерк буржуазных доктрин). М.: Мысль, 1983. 192 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ДАННЫЕ О КОСМОНАВТАХ И АСТРОНАВТАХ, СТАРТОВАВШИХ В КОСМОС

Инициалы, фамилия	Страна	Дата полета	Длительность, сутки
1	2	3	4
1. Ю. А. Гагарин	СССР	1961	0,08
2. А. Шепард	США	1961	0,01
		1971	9,00
3. В. Гриссом	США	1961	0,01
		1965	0,02
4. Г. С. Титов	СССР	1961	1,05
5. Д. Глени	США	1962	0,21
6. М. Карпентер	США	1962	0,21
7. А. Г. Николаев	СССР	1962	3,03
		1970	17,7
8. П. Р. Попович	СССР	1962	3,0
		1974	15,7
9. У. Ширра	США	1962	0,4
		1965	1,1
		1968	10,8
10. Г. Купер	США	1963	1,4
		1965	8,0
11. В. Ф. Быковский	СССР	1963	5,0
		1976	7,9
		1978	7,9
12. В. В. Терешкова	СССР	1963	3,0
13. В. М. Комаров	СССР	1964	1,01
		1967	1,12
14. К. П. Феоктистов	СССР	1964	1,0
15. Б. Б. Егоров	СССР	1964	1,0
16. П. И. Беляев	СССР	1965	1,1
17. А. А. Леонов	СССР	1965	1,1
		1975	5,9
18. Д. Янг	США	1965	0,02
		1966	2,94
		1969	8,0
		1972	11,05
		1981	2,25
		1983	10,31
19. Д. Макдивитт	США	1965	4,1
		1969	10,0
20. Д. Уайт	США	1965	4,1
21. Ч. Конрад	США	1965	8,0
		1966	3,0
		1969	10,2
		1973	28,0
22. Ф. Борман	США	1965	13,8
		1968	6,1

1	2	3	4
23. Д. Ловелл	США	1965	13,8
		1966	4,0
		1968	6,1
		1970	6,0
24. Т. Стаффорд	США	1965	1,1
		1966	3,0
		1969	8,0
		1975	9,0
25. Н. Армстронг	США	1966	0,44
		1969	8,14
26. Д. Скотт	США	1966	0,44
		1969	10,04
		1971	12,3
27. Ю. Сернан	США	1966	3,0
		1969	8,0
		1972	12,6
28. М. Коллинз	США	1966	3,0
		1969	8,0
29. Р. Гордон	США	1966	3,0
		1969	10,2
30. Э. Олдрич	США	1966	4,0
		1969	8,1
31. Д. Эйзел	США	1968	10,8
32. У. Каннингем	США	1968	10,8
33. Г. Т. Береговой	СССР	1968	4,0
34. У. Андерс	США	1968	6,1
35. В. А. Шаталов	СССР	1969	3,0
		1969	4,9
		1971	2,0
36. Б. В. Волюнов	СССР	1969	3,0
		1976	49,3
37. А. С. Елисеев	СССР	1969	3,0
		1969	5,0
		1971	2,0
38. Е. В. Хрунов	СССР	1969	3,0
39. Р. Швейкарт	США	1969	10,0
40. Г. С. Шопин	СССР	1969	4,9
41. В. Н. Кубасов	СССР	1969	4,9
		1975	5,9
		1980	7,9
42. А. В. Филинченко	СССР	1969	4,9
		1974	5,9
43. В. Н. Волков	СССР	1969	4,9
		1971	23,8
44. В. В. Горбатко	СССР	1969	4,9
		1977	17,7
		1980	7,9
45. А. Бин	США	1969	10,2
		1973	59,5
46. Д. Сунджерг	США	1970	6,0

1	2	3	4
47. Ф. Хейс	США	1970	6,0
48. В. И. Севастьянов	СССР	1970	17,7
		1975	63,0
49. С. Руса	США	1971	9,0
50. Э. Митчелл	США	1971	9,0
51. Н. Н. Рукавишников	СССР	1971	2,0
		1974	5,9
		1979	2,0
52. Г. Т. Добровольский	СССР	1971	23,8
53. В. И. Пацаев	СССР	1971	23,8
54. А. Уорден	США	1971	12,3
55. Д. Ирвин	США	1971	12,3
56. Т. Маттингли	США	1972	11,1
		1982	7,0
		1985	3,1
57. Ч. Дьюк	США	1972	11,1
58. Р. Эванс	США	1972	12,6
59. Х. Шмитт	США	1972	12,6
60. Д. Кервин	США	1973	28,0
61. П. Вейц	США	1973	28,0
		1983	5,0
62. О. Гарриот	США	1973	59,5
63. Д. Лусма	США	1973	59,5
		1982	8,0
64. В. Г. Лазарев	СССР	1973	1,9
		1975	0,01
65. О. Г. Макаров	СССР	1973	2,0
		1975	0,01
		1978	6,0
		1980	12,8
66. Д. Карр	США	1973—1974	84,0
67. Д. Гибсон	США	1973—1974	84,0
68. В. Поут	США	1973—1974	84,0
69. П. И. Климук	СССР	1973	7,9
		1975	63,0
		1978	7,9
70. В. В. Лебедев	СССР	1973	7,9
		1982	211,4
71. Ю. П. Артюхин	СССР	1974	15,7
72. Г. В. Сарафанов	СССР	1974	2,0
73. Л. С. Демир	СССР	1974	2,0
74. А. А. Губарев	СССР	1975	29,6
		1978	8,0
75. Г. М. Гречко	СССР	1975	29,6
		1977—1978	96,4
76. В. Бранд	США	1975	9,1
		1982	5,1
		1984	8,0
77. Д. Слейтон	США	1975	9,1

1	2	3	4
78. В. М. Жолобов	СССР	1976	49,3
79. В. Д. Зудов	СССР	1976	2,0
80. В. В. Аксенов	СССР	1976	7,9
		1980	4,0
81. В. И. Рождественский	СССР	1976	2,0
82. Ю. Н. Глазков	СССР	1977	17,7
83. В. В. Коваленок	СССР	1977	2,0
		1978	139,6
		1981	74,9
84. В. В. Рюмин	СССР	1977	2,0
		1979	175,0
		1980	184,8
85. Ю. В. Романенко	СССР	1977—1978	96,4
		1980	7,9
		1987	Полет
			продолжается
			(на 1.04.87)
86. В. А. Джанибеков	СССР	1978	6,0
		1981	7,9
		1982	7,9
		1984	11
		1985	92
87. В. Ремек	ЧССР	1978	7,9
88. А. С. Иванченков	СССР	1978	139,6
		1982	7,9
89. М. Гермашевский	ПНР	1978	7,9
90. Э. Йен	ГДР	1978	7,9
91. В. А. Ляхов	СССР	1979	175,0
		1983	150,0
92. Г. Иванов	НРБ	1979	2,0
93. Л. И. Попов	СССР	1980	184,8
		1981	7,8
		1982	8,0
94. Б. Фаркаш	ВНР	1980	7,9
95. Ю. В. Малышев	СССР	1980	3,9
		1984	8,0
96. Ф. Туан	СРВ	1980	7,9
97. А. Мендес	Куба	1980	7,9
98. Л. Д. Кизим	СССР	1980	12,8
		1984	237
99. Г. М. Стрекалов	СССР	1986	125
		1980	12,8
		1983	2
		1984	8
100. В. П. Савиных	СССР	1981	74,9
		1985	168
101. Ж. Гуррагча	МНР	1981	7,9

1	2	3	4
102. Р. Кришси	США	1981	2,3
		1983	6,0
		1984	7,0
		1984	8,2
		1981	7,8
103. Д. Прунариу	СРР	1981	2,3
104. Д. Энгл	США	1981	2,3
105. Р. Трули	США	1983	6,0
		1982	8,0
106. Ч. Фуллертон	США	1985	8,0
		1982	211,4
107. А. Н. Березовой	СССР	1982	7,9
108. Ж.-Л. Кретьен	Франция	1982	7,1
109. Г. Хартсфилд	США	1984	6,1
		1985	7,1
		1982	7,9
110. А. А. Серебров	СССР	1983	2
		1982	7,9
111. С. Е. Савицкая	СССР	1984	11
		1982	5,1
112. Р. Овермайер	США	1982	5,1
113. У. Леннуар	США	1982	5,1
114. Д. Аллен	США	1982	5,1
115. К. Бобко	США	1983	5,0
116. С. Масгрейв	США	1983	5,0
117. Д. Петерсон	США	1983	5,0
118. В. Г. Титов	СССР	1983	2
119. Ф. Хуан	США	1983	0,1
120. С. Райт	США	1983	0,1
121. Д. Фабнан	США	1983	0,1
122. Н. Гагард	США	1983	0,1
123. А. Н. Александров	СССР	1983	100,0
124. Д. Брандстейн	США	1983	0,0
125. Д. Блуфорд	США	1983	0,0
126. Д. Гарднер	США	1983	0,0
127. У. Торнтон	США	1983	0,0
128. Б. Шоу	США	1983	10,3
129. Р. Паркер	США	1983	10,3
130. Б. Лихтенберг	США	1983	10,3
131. У. Мербольд	ФРГ	1983	10,3
132. Р. Гибсон	США	1984	8,0
		1986	6,1
		1984	8,0
133. Б. Маккэндлесс	США	1984	8,0
134. Р. Стьюарт	США	1984	8,0
135. Р. Макнейр	США	1984	8,0
		1986	Катастрофа при старте
136. В. А. Соловьев	СССР	1984	237
		1986	125

1	2	3	4
137. О. Ю. Атьков	СССР	1984	237
138. Р. Шарма	Индия	1984	8,0
139. Ф. Скоби	США	1984	7,0
		1986	Катастрофа при старте
140. Т. Харт	США	1984	7,0
141. Д. Нельсон	США	1984	7,0
		1986	6,1
142. Д. Ван Хофтен	США	1984	7,0
		1985	8,1
143. И. П. Волк	СССР	1984	11,0
144. М. Коуте	США	1984	6,0
145. Д. Резник	США	1984	6,0
		1986	Катастрофа при старте
146. С. Хаули	США	1984	6,0
		1986	6,1
147. Р. Муллейн	США	1984	6,0
		1986	6,1
148. Ч. Уолкер	США	1984	6,0
		1985	7,0
		1985	6,9
149. Д. Макбрайд	США	1984	8,2
150. Д. Листма	США	1984	8,2
151. К. Салливан	США	1984	8,2
152. П. Скалли-Пауэр	США	1984	8,2
153. М. Карно	Канада	1984	8,2
154. Д. Уолкер	США	1984	9,0
155. А. Фишер	США	1984	9,0
156. Л. Шривер	США	1985	3,0
157. Э. Онизука	США	1985	3,0
		1986	Катастрофа при старте
158. Д. Бучми	США	1985	3,0
		1985	7,0
159. Г. Пейтон	США	1985	3,0
160. Д. Уильямс	США	1985	7,0
161. С. Седдон	США	1985	7,0
162. С. Григгс	США	1985	7,0
163. Д. Хоффман	США	1985	7,0
164. Д. Гарн	США	1985	7,0
165. Ф. Грегори	США	1985	7,0
166. Д. Ликсид	США	1985	7,0
167. Л. Ван Ден Берг	США	1985	7,0
168. У. Тейлор	США	1985	7,0
169. Д. Крейтон	США	1985	7,0
170. Ш. Льюсид	США	1985	7,0

1	2	3	4
171. С. Нейджел	США	1985	7,0
		1985	7,0
172. А.-С. Салман	Саудовская Аравия	1985	7,0
173. П. Бодри	Франция	1985	7,0
174. Р. Бриджес	США	1985	7,9
175. Э. Инглэнд	США	1985	7,9
176. К. Хенице	США	1985	7,9
177. Л. Эктон	США	1985	7,9
178. Д. Бартоу	США	1985	7,9
179. Р. Кови	США	1985	8,1
180. Д. Лоундж	США	1985	8,1
181. У. Фишер	США	1985	8,1
182. В. В. Васютин	СССР	1985	65
183. А. А. Волков	СССР	1985	65
184. Д. Грейб	США	1985	4,0
185. Д. Хилмерс	США	1985	4,0
186. У. Пейло	США	1985	4,0
187. Б. Данбар	США	1985	7,0
188. Э. Мессершмидт	ФРГ	1985	7,0
189. Р. Фюррер	ФРГ	1985	7,0
190. В. Оккельс	Нидерланды	1985	7,0
191. Б. О. Коннор	США	1985	6,9
192. Д. Росс	США	1985	6,9
193. Ш. Спринг	США	1985	6,9
194. Р. Нери	Мексика	1985	6,9
195. М. Клив	США	1985	6,9
196. Ч. Болден	США	1986	6,1
197. Ф. Чанг-Диас	США	1986	6,1
198. Р. Сенкер	США	1986	6,1
199. Б. Нельсон	США	1986	6,1
200. М. Смит	США	1986	Катастрофа при старте
201. Г. Джарвис	США	1986	Катастрофа при старте
202. К. Маколифф	США	1986	Катастрофа при старте
203. А. И. Лавейкин	СССР	1987	Полет продолжается (на 1.04.87)

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
I. ПОКОРЯЕМЫЙ КОСМОС	9
II. ОБИТАЕМЫЙ КОСМОС	63
III. СОЗИДАЕМЫЙ КОСМОС	172
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	253
ЦИТИРУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА	261
ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА	264
ПРИЛОЖЕНИЕ	265

Олег Георгиевич Газенко,
Игорь Дмитриевич Пестов,
Владимир Иванович Макаров

ЧЕЛОВЕЧЕСТВО И КОСМОС

Утверждено к печати. Редколлегией серии
научно-популярных изданий Академии наук СССР

Редактор издательства И. С. Левитина
Художник П. И. Казаков
Художественный редактор Н. Н. Власик
Технический редактор М. Н. Комарова
Корректоры Н. А. Несмеева, Л. А. Розыбакиева

ИБ № 36379

Сдано в набор 13.02.87. Подписано к печати 07.04.87. Т-08937.
Формат 84×108¹/₃₂. Бумага типографская № 1. Гарнитура обыкновенная.
Печать высокая. Усл. печ. л. 14,28. Усл. кр. отт. 14,5. Уч.-изд. л. 15,3
Тираж 26500 экз. Тип. зак. 164. Цена 1 руб.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Наука»
117864, ГСП-7, Москва, В-485, Профсоюзная ул., 90

2-я тип. изд-ва «Наука» 121099, Москва, Г-99, Шубинский пер., 10

1 р.

ЧЕЛОВЕЧЕСТВО
НА РУБЕЖЕ
XXI ВЕКА



О. Г. ГАЗЕНКО
И. Д. ПЕСТОВ
В. И. МАКАРОВ

ЧЕЛОВЕЧЕСТВО
И КОСМОС



«НАУКА»

ЧЕЛОВЕЧЕСТВО
НА РУБЕЖЕ
XXI ВЕКА