

С.П. УМАНСКИЙ

ЛУНА- СЕДЬМОЙ КОНТИНЕНТ



Издательство Знание



С.П. УМАНСКИЙ
ЛУНА-
СЕДЬМОЙ КОНТИНЕНТ



С.П. УМАНСКИЙ

ЛУНА-

СЕДЬМОЙ КОНТИНЕНТ

Издательство «Знание»
Москва 1989

ББК 22.654.1
У52

Уманский С. П.
У52 **Луна — седьмой континент.** — М.: **Знание,**
1989. — 120 с., ил.
80 к. 45 000 экз.

Наша ближайшая соседка Луна — первое космическое тело, где люди строят промышленные предприятия, научно-исследовательские лаборатории. Автор рассказывает о проблемах, возникающих при освоении Луны, о настоящем и будущем космонавтики, о том огромном труде, который затрачивается человечеством для достижения этой цели.
Книга адресована широкому кругу читателей.

у $\frac{1605050000 - 107}{073 [02] - 89}$ КБ — 50—005—88

ББК 22.654.1

ISBN 5—07—000408—5

© Издательство «Знание», 1989 г.

Формула проблемы

В ранние века некоторые люди считали грехом приобретение знаний. Сегодня имеются такие, которые считают сумашествием расширение среды обитания человека за пределы Земли. В настоящее время мы лицом к лицу столкнулись с хорошо известными ограничениями наземной среды, и положение нашей цивилизации нельзя признать особо благоприятным.

Чтобы достичь уровня высокоразвитых стран в глобальных масштабах (т. е. во всех развивающихся странах) при возрастающей численности населения, потребовалось бы увеличить добычу сырья и производство продуктов питания примерно в 15—20 раз. Однако более чем сомнительно, что наземная среда способна это обеспечить.

Расширение ресурсной базы за рамки Земли позволит совершенно иначе, по-новому, прогнозировать будущее развитие человечества. Вывос энергии, вредных и опасных предприятий за пределы нашей Земли будет способствовать увековечению биологического вида *Homo sapiens*. Уже одно то, что развитие космической техники приведет к решению таких проблем, как «истощение земных ресурсов», «энергетический кризис», «тепловое загрязнение Земли», оправдывает стремление к последовательному освоению космического пространства. На новый уровень поднимется производительность наземной индустрии и сельского хозяйства.

Современной науке уже недостаточно информации, приобретенной лишь в земных условиях, — ей требуются гораздо более обширные источники познания. Это объясняется следующими причинами: во-первых, почти все основные земные явления взаимосвязаны с космическими процессами, а во-вторых, вне Земли

открываются принципиально новые благоприятные возможности для научных исследований, недоступные в земной обстановке. Человечество выйдет за пределы Земли, потому что оно не может этого не сделать. В противном случае придется допустить, что на каком-то этапе оно должно прекратить свое развитие. Может ли в природе, в общественной социальной жизни прекратиться развитие? Диалектический материализм отвечает на этот вопрос отрицательно. А коль скоро это так, то перед учеными и инженерами возникает проблема: исследовать, когда и каким наиболее рациональным способом человечество должно осваивать космос?

По-видимому, оно будет идти по трем направлениям.

Первое направление — помощь Земле из космоса. Будут создаваться все более крупные и совершенные орбитальные станции, призванные решать задачи картографические и экологические, метеорологические и географические, ретрансляционные и навигационные, осуществлять в промышленных масштабах производственные процессы, требующие невесомости, вакуума, и, наверное, выполнять еще много других функций. К этому направлению следует отнести спутники-автоматы. Среди них будут телескопы на орбитах для внеатмосферных астрономических наблюдений, спутники, предназначенные для освещения земной поверхности в ночное время солнечным светом.

Второе направление — полеты к другим небесным телам. Люди подробно изучат одну за другой планеты Солнечной системы, а некоторые из них освоят. Это будет эпоха таких путешествий и таких открытий, перед которыми поблекнут все путешествия и открытия прошлого.

Что же касается ближайшего периода освоения Солнечной системы, то он характерен тем, что решающую роль

в нем будет играть Луна. Именно там впервые создадутся предприятия «Эфирной индустрии», мощные солнечные электростанции, научные лаборатории. Луна станет местом, где будет добываться сырье для нужд многочисленных предприятий, расположенных на Луне, окололунных и околоземных орбитах.

Уже сегодня огромное положительное значение космоса заключается в том, что он постепенно связывает людей в единую огромную семью землян. И это будет всегда. Потому что перед лицом необъятной Вселенной просто немыслимо выступать раздельно: русским, американцам, немцам... Освоение космоса не прихоть человечества, а естественная необходимость обеспечить свое будущее. На Земле человеку просто не будет хватать ни места, ни материалов, ни источников энергии.

Поэтому третье направление — заселение космического пространства, включая переселение туда части человечества на постоянное жительство.

Большое внимание внеземной жиз-

ни уделял основоположник космонавтики К. Э. Циолковский. Его подход к этому вопросу заключался в том, что жизнь и разум — это непеременные атрибуты Вселенной. Он писал: «Млечный Путь содержит сотни миллионов Солнц и миллионы планет, на которых могла бы зародиться жизнь. Мы даже нисколько не сомневаемся, что она там уже есть и даже в более совершенной форме, чем на Земле (по крайней мере на большинстве планет). Может быть, немногие из них обладают таким могуществом, которое мы себе не можем вообразить. Это могущество и помогло им расцвести совершенную жизнь, если не на Земле, то на других планетах... Сколько Солнц, столько почти и планетных систем. Поэтому каждая из них служит колыбелью зарождения жизни или обиталищем и пристанищем совершенных существ...»*

* Циолковский К. Э. Зарождение жизни на Земле//В мастерской природы.— 1922.— № 1.— С. 16.

ЗЕМЛЯ- КОЛЫБЕЛЬ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

ГЛАВА ПЕРВАЯ



Глава первая

Земля — колыбель человечества

Рост без предела?

Находятся люди, готовые возложить вину за голод и нищету в современном мире на науку, успехи которой способствовали беспрецедентному росту населения, который принято называть «демографическим взрывом». Можно ли, однако, науку считать ответственной за «демографический взрыв»?

Конечно, ни Луи Пастер, вложивший руки врачей эффективные средства борьбы против инфекционных болезней путем прививок, ни Александр Флеминг, открывший пенициллин, не могли предполагать, что более или менее отдаленным последствием их научных открытий станет своеобразный вклад в «демографический взрыв», который умножит количество голодных, обездоленных и неграмотных людей.

В действительности научно-техническая революция представляет собой великую надежду человечества, но только в сочетании с социальной революцией она откроет ему путь к изобилию и справедливости. Современное человечество страдает не от избытка научных знаний, а от их недостатка. Десятки миллионов людей умирают преждевременно от наследственных болезней потому, что еще не открыты эффективные средства для излечения от них. Каждый новый родившийся человек — это не лишний рот, а дополнительная пара рук, которые на протяжении всей жизни должны создавать больше, чем потребляют.

Какова, например, сейчас численность населения земного шара?

Конечно, с точностью до миллиона

или даже до десятка миллионов этого никто не знает. Согласно опубликованным данным в 1985 году на земном шаре проживало 4,8 миллиарда человек. За последнее тысячелетие население земного шара увеличилось в 18 раз, причем для первого их удвоения потребовалось почти 600 лет, для второго — 230, для третьего — около 100, для последнего же менее 38 лет. Численность населения мира достигла 1 миллиарда примерно в 1820 году, 2 миллиардов — через 107 лет (в 1927 году), 3 миллиардов — 32 года спустя (в 1959), а 4 миллиардов — всего через 14 лет (в 1974 году). Очередное увеличение еще на 1 миллиард произошло через 13 лет — в июле 1987 года*.

Исходя из реально существующих темпов роста населения некоторые демографы пришли к выводу о неизбежном и неограниченном росте численности людей на земном шаре. Профессор одного из университетов США Джей Форрестер и его сотрудники считают, что темпы роста населения возрастают столь стремительно, что примерно к 2026 году человечеству грозит смерть не от голода, а от удушья в связи с нехваткой кислорода в земной атмосфере**.

Рост численности населения встревожил всю мировую общественность. Изучением этого вопроса занялась Организация Объединенных Наций (ООН). Была создана специальная комиссия, которая, проводя большое количество исследований, опубликовала свои выводы. Оказывается, что численность населения на Земле будет и дальше стремительно увеличиваться, но только до определенного предела — 10—11 миллиардов человек, а произойдет

* См.: Брук С. И. Население мира на пороге XXI века//Природа.— 1986.— № 12.

** См.: Форрестер Джей. Мировая динамика.— М.: Наука, 1978.

это во второй половине XXI века. Причем характерно, что 94% всего прироста падает на долю тех регионов, которые в настоящее время являются развивающимися, и только 6% — на долю развитых стран.

Что касается Советского Союза, то здесь можно привести такие цифры: население нашей страны в 1979 году составило 262,4 миллиона человек. К 2000 году оно увеличится до 321 миллиона, а в 2050 году нас будет уже около 390 миллионов.

На пути роста населения стоят три барьера, три основные преграды. Это влияние урбанизации, рост образования и жизненного уровня. Чем выше урбанизация, выше образование и жизненный уровень, тем ниже рождаемость. Рождаемость в больших городах вдвое ниже: чем больше город, тем меньше в нем детей. Зависимость эта наблюдается во всем мире. Другая закономерность, вскрытая демографической статистикой, в том, что в семье с более высоким образовательным уровнем, как правило, меньше детей. Связь эта прослеживается по всем странам. Каков же механизм этой связи между числом лет, отданных учебе, и числом детей? Дело в том, что рост культурного уровня вызывает настоящий взрыв роста потребления. Чем больше потребности, тем сильнее тормозящий эффект, который оказывают они на увеличение семьи.

Земные ресурсы конечны

Минеральные богатства, которые создавались природой в течение миллиардов лет, расходуются человеком на протяжении всего нескольких веков и даже десятилетий, но с постоянно прогрессирующим ускорением. В XX столетии в связи с непрерывно увеличивающимся ростом мирового промышленного производства добыча ми-

нерального сырья приобрела громадные размеры.

Из большого объема минерального сырья, добытого с начала XX века, преобладающее его количество приходится на последние десятилетия. За 1961—1980 годы, например, было добыто свыше 40% всего количества угля, извлеченного из земных недр с начала XX века до 1980 года, почти 55% железной руды, свыше 73% нефти, более 77% природного газа. Добытый за это же двадцатилетие объем нефти — 44,5 миллиарда тонн — почти в 2,5 раза превысил все количество нефти, извлеченное из недр Земли за всю предшествующую 100-летнюю историю мировой нефтяной промышленности (с 1860 г 1960 год). Естественно, после 1980 г да темп добычи минеральных ресурсов еще более усилился.

Рост мировой добычи минерального сырья происходит при одновременном и непрерывном усложнении условий эксплуатации месторождений полезных ископаемых. В большинстве горнопромышленных районов мира добыча угля, руды и других твердых полезных ископаемых опустилась до глубин 400—600 метров, а на некоторых отдельных шахтах и рудниках достигла 2 и даже 3 километров.

Возникает вопрос: «Достаточны ли ресурсы минерального сырья, содержащегося в недрах планеты, чтобы обеспечить указанные огромные объемы добычи в период до 2000 года, а также для того, чтобы продолжалась их добыча в XXI веке?»

Этот вопрос правомерен потому, что в отличие от других природных ресурсов минеральные ресурсы невозобновляемы.

Появились многочисленные высказывания относительно опасности общего глобального истощения запасов минерального сырья в недалеком будущем.

Но много ли мы знаем, что таится в недрах Земли?

Пока что очень мало. Всего на несколько километров уходят в глубь Земли нефтяные скважины. А что там, глубже? Этого мы пока точно не знаем, можем лишь догадываться. Может быть, там бушуют океаны расплавленных металлов, или находятся огромные количества нефти, угля, газа, или, наконец, горячие водные источники. Все это очень нужно людям.

Есть факты, которые говорят о том, что полезные ископаемые, в том числе и нефть, могут быть обнаружены на значительно больших глубинах. Но неужели так трудно добраться до больших глубин? К сожалению, сделать это современным буровым инструментом трудно. После первых километров идут твердые породы, которые быстро изнашивают любые ежущие инструменты.

Целенаправленное изучение глубинных зон на территории СССР началось в 60-х годах. Главные его задачи — это, во-первых, выявить закономерности распространения полезных ископаемых; во-вторых, решение проблемы прогноза и оценки ресурсов минерального сырья. Одной из первых таких скважин стала Кольская сверхглубокая скважина, к концу 1985 года превысившая глубину 12 километров. Кольская скважина бурится на территории Печенгского медно-никелевого рудного района. Материалы бурения Кольской скважины могут пролить свет на историю развития и строения древней континентальной коры всей нашей планеты*.

Сейчас ученые ищут пути, которые позволили бы добраться к недрам Земли. Создаются разнообразные проекты: одни предлагают провести

сверхглубокое бурение с помощью плазмы, другие настаивают на использовании для этих целей мощного луча лазера. Надеждой остается и Мировой океан.

Что же такое Мировой океан?

Его поверхность (включая моря) составляет более 70% поверхности всей Земли. Таким образом, лишь на 1/3 поверхности планеты живет сегодня человечество, остальное — грандиозный океан соленой воды. Водные ресурсы Земли следующие (в %): вода пресных озер — 0,009, внутренние моря и соленые озера — 0,008, реки — 0,0001, подземные воды — 0,72, снега и ледники — 1,75—2,15, вода атмосферы — 0,001, вода в живых существах — 0,0001, Мировой океан — 97,2—97,5.

Наиболее доступная часть Мирового океана, шельф, составляет лишь 8% водной поверхности планеты. В СССР площадь шельфа почти 6 миллионов квадратных километров, то есть 1/4 сухопутной территории страны. Средняя глубина шельфа — 200 метров, но максимальная глубина может превышать 600 метров. В морской воде растворены огромные запасы различных веществ: хлор, натрий, магний, сера, калий, уран, кальций. Запасы золота, растворенного в океанах, достигают 5,5 миллиона тонн, серебра — 45 миллионов тонн, урана — 4 миллиардов тонн*. Уже сегодня в ряде стран из морских вод добывают в промышленных масштабах различные жизненно важные вещества. Так, в США добывается из воды больше половины магния, потребляемого в стране, а в Великобритании даже 80%.

Однако еще более грандиозные запасы полезных ископаемых скрыты под водами океана. Со дна моря

* Подробнее об этом см.: Козловский Е. А. Кольская сверхглубокая//Земля и Вселенная.— 1986.— № 1.

* См.: Смирнов В. А. Рудные сокровища недр//Наука в СССР.— 1987.— № 1.

уже добывают нефть, газ, серу, железо, медь и другие вещества.

Здесь можно резонно возразить, действительно в океанских глубинах имеются большие неразведанные запасы нефти и многих ископаемых, но суть проблемы не в этом. Дело в том, что рано или поздно мир все равно неизбежно должен столкнуться с тем, что некоторые вещества будут исчерпаны, а стоимость добывания других неизмеримо возрастет. Как ни велики запасы, но они не бесконечны...

Вообще надо заметить, что океанические воды, содержащие 34 грамма солей в каждом литре, где имеются все химические элементы в самых разнообразных соединениях и формах, ученые справедливо называют жидкой рудой.

Чтобы достичь уровня высокоразвитых стран в глобальных масштабах (то есть во всех развивающихся странах) при численности населения планеты 10—11 миллиардов человек, требуется увеличить добычу сырья, производство продуктов питания и потребления энергии примерно в 15—20 раз. Однако более чем сомнительно, что наземная среда способна выдержать такую нагрузку.

Таким образом, существует настоятельная необходимость в расширении сферы обитания человечества. Было бы неверно искать решение вопроса об истощении ресурсов в приостановке роста или даже сокращении объема производства, как это предлагается некоторыми учеными за рубежом. Подобные предложения идут вразрез со всем ходом развития человеческого общества, с ходом истории.

Планеты Солнечной системы содержат значительное количество необходимых нам минералов и материалов. Астрономам известно сегодня более полутора тысяч малых планет с диаметром несколько километров. Неко-

торые из них почти целиком состоят из железа и никеля. Один кубический километр астероидного вещества может обеспечить Землю железом более чем на 10 лет, а никелем — на несколько столетий. Подтверждением может служить исследование Сихотэ-алинского метеорита, упавшего 12 декабря 1947 года. По результатам обработки В. Г. Фесенкова масса метеорного тела составляла приблизительно 1500—2000 тонн. Его химический состав оказался следующим: железа — 94%, никеля — 5,4%, кобальта — 0,38% и др*.

К. Э. Циолковский писал в своих «Грезах о Земле и небе», что люди будут управлять движением астероидов так же, «как мы управляем лошадьми».

Мир ищет энергию

Как известно, энергия — это способность совершать работу: поднимать, везти, резать, добывать уголь в шахтах. Она существует в одной из форм: механической, химической, тепловой, ядерной и т.д. (табл. 1).

Девять десятых всей энергии люди получают, сжигая топливо. В котлах электростанций, в автомобильных двигателях, в печах наших домов в 1985 году во всем мире сгорело более 10 миллиардов тонн условного топлива (выделившееся при этом топливо составляет 0,3 миллиарда триллионов джоулей)**.

Но эти 10 000 000 000 тонн — цифра уже вче-

* См.: Кринов В. Л. Гигантские метеориты (Тунгусский и Сихотэ-алинский).— М.: АН СССР, 1952.

** 1 килограмм нефти — 42 тысячи килоджоулей на килограмм (около 10 тысяч килокалорий на килограмм), 1 килограмм угля — 23 760 килоджоулей на килограмм (5700 килокалорий на килограмм), 1 килограмм условного топлива — 29 620 килоджоулей на килограмм (около 7 тысяч килокалорий на килограмм).

рашного дня. Бурное развитие промышленности и быстрый рост населения Земли вызывают увеличение потребности в топливе и рост его добычи. В последние годы термин «энергетический кризис» все чаще стал появляться в печати и обывденной речи. На первый взгляд кажется, что топлива у нас на Земле еще очень много, но к сожалению, это только кажется.

Сто лет назад мировое потребление энергоресурсов составляло 555 миллионов тонн условного топлива. Правда, население земного шара в то время не превышало 1,3 миллиарда человек, а удельный расход топлива на человека составлял 0,4 тонны условного топлива. В 1985 году на каждого человека приходилось 2,5 тонны условного топлива. За 100 лет население выросло примерно в 3,3 раза, удельный расход энергоресурсов на одного человека — в 5,5 раза. Этот процесс идет бурно. Многие зарубежные и отечественные специалисты считают, что к 2000 году население возрастет до 6,1 миллиарда человек, а потребление энергоресурсов

составит 20 миллиардов тонн условного топлива.

В потреблении энергоресурсов также произошли значительные изменения. Если в начале века преобладающее значение имели каменный и бурый уголь (57,6%), то в 1975 году уголь занимал в мировом балансе 30,7%, нефть и газ — 66,8% (вместо 3,2%), гидроэнергия, атомная энергия и др. — 2,5%. По прогнозам ученых, из разведанных запасов 1007 миллиардов тонн условного топлива приходится 700 миллиардов тонн условного топлива на уголь, 184 — на нефть, 56 — на газ*. В итоге можно сказать, что углем человечество обеспечено на 100—150 лет. Запасов нефти хватит на 40—50 лет, если она будет в основном применяться для таких потребителей, как транспорт и химическая промышленность. (Использование нефти для отопления и производства энергии будет ограничено и заменено использованием угля и ядерной энергии.) Мировая добыча природного газа неуклонно растет и к 1985 году составит 1,8 миллиарда тонн условного топлива. Специалисты предсказывают, что добыча газа достигнет максимального значения — 3,7 миллиарда тонн условного топлива к 2025 году, а разведанные запасы газа будут израсходованы через 30—40 лет (табл. 2).

В нашей стране сосредоточены огромные запасы нефти, угля и природного газа. Нет другой страны в мире, которая обладала бы такими запасами топлива. США, к примеру, уже сегодня сильно зависят от доставки нефти из других стран, главным образом с Ближнего Востока. Западная Европа и Япония ввозят 90% жидкого топлива из других стран. Но и при таких за-

Таблица 1

**Солнечная энергия
и предельное производство
энергии на Земле**

Наименование	Дж.год*	кВт
Энергия, излучаемая Солнцем	$12,6 \cdot 10^{33}$	$3,84 \cdot 10^{23}$
Энергия, получаемая Землей (на границе атмосферы)	$5,6 \cdot 10^{24}$	$1,9 \cdot 10^{14}$
Энергия, получаемая поверхностью Земли	$2,5 \cdot 10^{24}$	$0,8 \cdot 10^{14}$
Примерный предел производства энергии на Земле	$2,5 \cdot 10^{21}$	$0,8 \cdot 10^{11}$
Энергия, произведенная на Земле в 1980 году	$3,1 \cdot 10^{20}$	10^{10}

* 1 (звездный) год = $3,15 \cdot 10^7$ секунд (1 звездные сутки = $8,6 \cdot 10^4$).

* Подробнее об этом см.: Моделевский М. С. Состояние и перспективы развития мирового энергохозяйства. — В сб.: Топливо-энергетические проблемы зарубежной Азии и Северной Африки. — М.: Наука, 1985.

Таблица 2

Мировые ресурсы источников энергии
(по оценкам 1981 года)

Вид ресурсов	Ресурсы, миллиарды тонн условного топлива		
	Всего	Разведанные запасы	Прогнозируемые
Нефть*	670	184	486
Газ*	388	56	332
Уголь	3 800	700	3 100
Уран*	147	67	80**
Гидроэнергия	2	менее 1	2
Тяжелые нефти и битумы	220	менее 1	220
Возобновляемые источники	100	—	100
Всего:	5 327	1 007	4 320

* Без социалистических стран.

** Только в реакторах на тепловых нейтронах с издержками добычи урана до 80—130 долларов за 1 килограмм (1 тонна урана \approx 15 900 тонн условного топлива).

пасах, какими располагает Советский Союз, нельзя быть расточительными, надо думать о завтрашнем дне*.

В СССР создана грандиозная электроэнергетическая система, мощность которой в 1985 году превысила более 300 миллионов киловатт. Ее продукция в 1985 году составила 1500 миллиардов киловатт-часов. На каждого жителя нашей страны приходится основательный «кусочек» — примерно 5500 киловатт-часов. Но экономисты подсчитали, что к концу века наши электростанции, возможно, будут ежегодно вырабатывать столько электроэнергии, чтобы на долю каждого из нас приходилось примерно 7200 киловатт-часов. Для этого мы должны ежегодно вводить в строй около 10 мил-

* Подробнее об этом см.: Моделевский М. С., Гуревич Г. С., Хортуков Е. М. и др. Ресурсы нефти и газа и перспективы их освоения.— М.: Недра, 1983.

лионов киловатт новых мощностей.

Можно ли в этой грандиозной программе рассчитывать на тепловые станции?

Если полагаться только на них, то в 2000 году нам придется сжечь примерно 1000 миллионов тонн угля. Для перевозки такого огромного количества топлива нужно более 150 000 железнодорожных составов, то есть значительная часть железнодорожной сети Советского Союза будет только возить топливо для тепловых станций. Известно, что тепловые электростанции выбрасывают в атмосферу такие вредные вещества, как сернистый газ SO_2 , окись азота NO_2 , окись углерода CO и т. д. Тепловая электростанция, работающая на угле, выбрасывает сернистого газа почти в 2 раза больше, чем работающая на нефти, и в 100 раз больше, чем работающая на газе (конечно, при условии одинаковой мощности). В то же время сернистый газ относится к одному из самых вредных загрязнений атмосферы. Согласно недавним исследованиям, проведенным по инициативе Национальной академии наук США, выделение сернистого газа только одной тепловой электростанцией, мощностью 1 миллион киловатт, работающей на угле, вызывает ежегодно около 25 смертных случаев, 60 000 заболеваний верхних дыхательных путей и создает убыток 12 миллионов долларов из-за коррозии различных материалов.

Кроме токсичных газов, работающие на угле электростанции образуют также твердые отходы, главным образом в виде мельчайших частичек пыли. Эта мелкодисперсная пыль считается сегодня вторым по опасности после сернистого газа агентом загрязнения воздуха. Всего тепловые электростанции дают около 1/6 всех пылевых загрязнений, создаваемых в результате деятельности человека. Выбросы тепловых электростанций опас-

ны для человека, поскольку они приводят к болезням сердца, эмфиземе, злокачественным опухолям.

Сохранилось датированное 1316 годом послание английского парламента королю: «...если его величество дорожит прелестью своих садов, белизной лица и красотью белья и если не хочет, чтобы его верноподданные задохнулись или закоптили подобно дурной ветчине, то парламент убедительнейше просит совершенно запретить употребление этого горючего материала, называемого каменным углем». Но что могут короли?..

Таким образом, использовать уголь в качестве основного источника энергии невозможно, и объясняется это не ограниченностью его потенциальных запасов, а скорее соображениями экологического характера.

Уголь, нефть, газ — это так называемые невозобновляемые ресурсы. Но известны также возобновляемые (неистощающиеся) природные запасы, такие, как гидроэнергия, энергия ветра, солнечная радиация, энергия морских и океанских волн, тепла недр Земли. Человечество имеет опыт использования практически всех возобновляемых источников энергии, однако их применение в текущем столетии снизилось из-за наличия дешевых органических топлив.

В настоящее время из этих источников энергии только гидроэнергоресурсы принимают во внимание при разработке топливно-энергетического баланса. Солнечная энергия найдет широкое применение для частичного покрытия местного теплотребления (отопление, горячее водоснабжение) в ряде районов мира. Что касается использования солнечной энергии в больших количествах путем постройки орбитальных солнечных электростанций, то к этому вопросу мы еще вернемся.

В 1891 году первокурсник небольшого провинциального университета Эрнест Резерфорд сделал на студенческом научном обществе доклад «Об эволюции материи». Он утверждал, что все атомы состоят из одних и тех же частей. Доклад встретили неодобрительно. Резерфорду, у которого в то время не было никаких данных для доказательства своего утверждения, пришлось извиниться перед обществом. Лишь через 12 лет он неопровержимо и убедительно доказал в блестящем эксперименте свою дерзостную идею.

Перенесемся мысленно в Италию 1935 года. Под низкими каменными сводами старинного здания Римского университета даже в это жаркое солнечное утро царила приятная прохлада. Однако Энрико Ферми (уже всемирно известный ученый) и его ближайшие сотрудники признавались потом, что их бросало то в жар, то в холод от «дела рук своих». Группа Ферми сумела сделать невероятное, о чем и мечтать никто не мог: расщепила немислимой плотности монокристаллическое ядро — с помощью всего-навсего маленького нейтрона! Причем ядро не просто распадалось, а распадалось с выделением гигантской скованной в нем энергии.

Впервые перед человечеством забрезжили захватывающие дух перспективы извлечения, а затем и использования самой мощной в природе энергии. Ведь всего 1 грамм урана может высвободить энергию, эквивалентную полученной при сгорании 2000 тонн нефти или 2600 тонн лучшего угля.

Однако у атомной энергетики есть и свои трудности. Главная из них — экономичность. Дело в том, что из добытого урана на производство энергии используют всего лишь 0,714%. Такую долю в руде составляет уран-235 — нынешнее ядерное горючее. «Оста-

ток» — целых 99,28% — идет в бесполезный отвал. И весь отвал — это чистейший уран-238, который, к сожалению, в обычных реакторах гореть не может. Между тем известно, что уран-238 может быть сырьем для производства плутония-239, горючего куда более активного, чем уран-235. На этой основе возникла идея реакторов-размножителей, или реакторов на быстрых нейтронах.

Их заряжают плутонием-239, а оболочку делают из урана-238. В плутонии идет цепная реакция. Быстрые нейтроны, вылетающие из реакторного пекла, бомбардируют оболочку, и постепенно уран-238 превращается в плутоний. Реактор сам себя снабжает топливом, «размножает» его. «Размножение» позволяет использовать до 70% горючего, то есть увеличить КПД реактора сразу в 100 раз. При таком КПД становится выгодным разрабатывать самые бедные урановые месторождения и даже добывать уран из морской воды.

Вторая трудность атомной энергетики — это отходы, то есть радиоактивные остатки деления. Уничтожить эти отходы невозможно. Обычно их концентрируют, сплющивают, заливают бетоном, стеклом, помещают в свинцовые контейнеры и опускают куда-либо в глубь выработанных шахт или топят на большой глубине в океане.

Первоочередная задача изучения будущей базы ядерной энергетики заключается в определении ресурсов природного урана (U_3O_8). Общие запасы металлического урана по цене до 130 долларов за килограмм достигают 5,1 миллиона тонн. Имеющиеся оценки показывают, что мировые запасы дорогого урана весьма велики. Так, количество урана при затратах на извлечение до 200 долларов за килограмм составляет величину 10—100 миллионов тонн, а до 500 долларов за килограмм — около 1 мил-

лиарда тонн*. Таким образом, имеющиеся запасы урана по цене до 130 долларов за килограмм будут израсходованы в современных реакторах на тепловых нейтронах еще до конца текущего столетия (табл. 3).

Еще в 30-х годах, когда была открыта реакция распада, ученые обнаружили и ее противоположность — реакцию синтеза (соединения). Два ядра соединились в более тяжелое, и в момент соединения выделялась энергия. По общему мнению, именно реакция синтеза может стать основой энергетики будущего.

К великому сожалению, от «может стать» до «стала» — дистанция огромного размера. Нужно «всего лишь» разогреть исходный заряд до 45—400 миллионов кельвинов, подождать, пока давление в камере достигнет огромной величины, а затем... Затем попробовать удержать этот неминуемый взрыв, «растянуть» его и заставить отдавать энергию не мгновенно, а в течение длительного времени.

На первых порах казалось, что задача будет вот-вот решена. И человечество уже предвкушало безбедную энергетическую жизнь. Но... как создать неслыханную температуру? Как изолировать плазму — раскаленную вихревую мешанину из электронов, ядер и их осколков — от стенок сосудов? Как удержать ее в повиновении?

К сожалению, до сих пор ни на один из этих вопросов окончательного ответа не найдено.

Сырьем для термоядерных установок служит водород (точнее, его разновидности — изотопы** дейтерий (2H))

* Для сравнения можно привести такие цифры: стоимость добычи угля 10—20 долларов за тонну, нефти 12—80 долларов за тонну, газа — 10—100 долларов за кубометр.

** Во всех ядрах атомов любого элемента число протонов одно и то же и равно номеру данного элемента в таблице Менделеева, а число нейтронов может быть различным. Такие атомы называются изотопами.

Таблица 3

Годовая потребность в различных видах энергетического сырья для электростанции мощностью 1 ГВт*

Сырье	Кол., т	Число вагонов или цистерн
Бурый уголь	$5 \cdot 10^6$	10^5
Каменный уголь	$2 \cdot 10^5$	$4 \cdot 10^4$
Урановая руда для обычных реакторов (на тепловых нейтронах)	10^5	$2 \cdot 10^3$
Урановая руда для реакторов на быстрых нейтронах	600	12

* При перевозке обогащенного ядерного топлива в последних двух случаях требуется всего один вагон.

и тритий (${}^3_1\text{H}$). Из нескольких возможных комбинаций внимание ученых привлекли две реакции с их участием: дейтерий + дейтерий \rightarrow гелий-3 (${}^3_2\text{He}$) + n + 3,3 МэВ, тритий + дейтерий \rightarrow гелий-4 (${}^4_2\text{He}$) + n + 17,6 МэВ.

Реакция с участием трития осуществляется при значительно меньшей температуре и дает больший выход энергии. Но на Земле трития нет. Его можно получить только искусственным путем в реакции захвата нейтрона изотопом лития (${}^6_3\text{Li} + \text{n} \rightarrow {}^4_2\text{He} + \text{тритий} + 4,8 \text{ МэВ}$). Отметим, что тритий может быть воспроизведен непосредственно в реакторе — в результате реакции нейтронов с ядрами лития, располагаемого вблизи внутренней стенки реактора. Иными словами, в реакторе фактически сжигается литий.

Что же касается дейтерия, то в 1 литре воды его содержится столько, что количество энергии, выделяемое при этом в термоядерном реакторе, такое же, как при сжигании 300 литров бензина.

Принципиальное отличие термоядерных реакторов синтеза от реакто-

ров деления состоит в том, что у них выделяется значительно меньшее количество гамма-излучения на единицу вырабатываемой мощности. Вот почему проблема радиационной защиты для термоядерных реакторов представляется более легкой. Да и сам термоядерный реактор может оказаться значительно легче ядерного.

Чтобы лучше представить, что получит человечество, овладев термоядерным синтезом, приведем такой пример. Сравним количество энергии, выделяемой в трех основных реакциях, используемых для получения тепла. При сжигании водорода в кислороде на каждый 1 грамм сгорающих веществ выделяется всего 4,4 ватт-часа. При распаде атомов урановых элементов на 1 грамм вещества можно получить примерно 22 миллиона ватт-часов. При синтезе же гелия из самого легкого элемента — водорода или его разновидности — дейтерия, эта цифра доходит до 98 миллионов ватт-часов.

Осуществление управляемой термоядерной реакции в настоящее время является грандиозной задачей науки, ждущей своего решения. Эта проблема сложна. Настолько сложна, что только объединенными усилиями всего человечества можно надеяться решить ее в обозримые сроки.

Сколько нужно энергии

Но как оценить масштабы мировой потребности в энергии на протяжении ближайших десятилетий?

Кое-кто для такого прогноза использует экстраполяцию, выбирая в качестве исходных данных текущие темпы роста потребления энергии. Однако мировой опыт показывает, что в странах, достигнувших определенного уровня развития (социального, экономического, технического), темпы роста населения и прироста удельного потребления энергии сни-

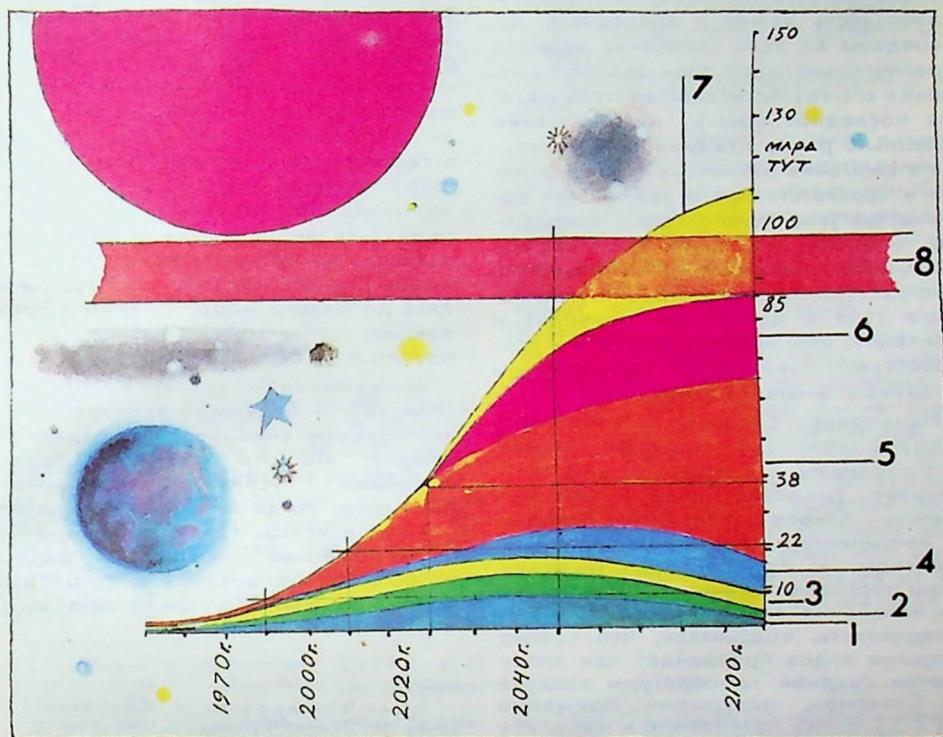
жаются. Поэтому, отказавшись от традиционной экстраполяции, используем другой подход, основанный на предположении, что уровень потребления энергии на душу населения и численность населения на Земле и в отдельных странах в конечном счете придут к стационарному состоянию.

В долгосрочном прогнозе мирового потребления энергии рассмотрим вариант, при котором стабилизация потребности на душу населения произойдет на уровне 10 тонн условного топлива в год (10 киловатт-год). Эта цифра представляет собой сумму двух слагаемых. Первое слагаемое,

Рис. 1. Возможный сценарий мирового потребления энергии (стабилизация потребления происходит на уровне 10 кВт-год/чел.)

7 тонн условного топлива в год,— это средний уровень потребления, достигнутый сегодня в развитых странах. Второе слагаемое введено, чтобы учесть поправки на будущее, когда потребуются дополнительная энергия для повторного использования ресурсов, опреснения воды, производства пищевых продуктов и т. д.

Надо иметь в виду еще следующее обстоятельство. Сегодня КПД использования энергоресурсов существенно меньше технически достижимого. Поэтому, повысив КПД преобразования первичной энергии во вторичную (механическую, электрическую) и увеличив КПД потребления вторичной энергии, а также за счет экономии энергии можно обеспечить растущую потребность на уровне 10 киловатт-год на



человека. С учетом приведенных соображений при численности населения планеты 10,2 миллиарда человек суммарное потребление энергии составит 102 миллиарда киловатт (рис.1).

Предел производства энергии существует

Итак, будущая энергетическая индустрия, по-видимому, сможет обеспечить любое нужное ей количество энергии. Любое? А не существует ли предел, дальше которого увеличивать производство энергии нельзя?

Как ни странно, а такой предел существует. Он не связан с какими-то техническими проблемами. Просто нельзя допустить, чтобы перегрелась поверхность Земли и атмосфера. До середины XX века колебания климата сравнительно мало зависели от человека и его хозяйственной деятельности. За последнее время это положение довольно резко изменилось в результате сжигания различных видов топлива и соответственного увеличения количества углекислого газа в атмосфере, а также выделения в атмосферу большого количества тепла. Известно, что увеличение концентрации углекислого газа в атмосфере приводит к усилению парникового эффекта и способствует повышению температуры воздуха у земной поверхности.

Изменение средней температуры воздуха теснейшим образом связано с состоянием снежного и ледяного покрова (морские льды, сезонный снежный покров континентов, ледники и континентальные оледенения Антарктиды и Гренландии). Морские льды оказывают значительное влияние на колебания современного климата. Специалисты подсчитали, что таяние морских льдов произойдет при повышении средней температуры воздуха в Северном полушарии примерно на 2°. Случись потепление в масштабе

всей Земли, и водный баланс нашей планеты изменится коренным образом, уровень Мирового океана поднимется. Что станет со странами на низменных побережьях? Под водой могут оказаться Великобритания, Нидерланды, Венеция. Словом, бед не оберешься. Вот какую огромную роль играют льды и ледники, эти колоссальные природные кладовые пресной воды.

В настоящее время ледники занимают около 11% поверхности суши. Ледниковые щиты почти полностью покрывают целый континент — Антарктиду и самый большой остров Земли Гренландию. На обширных пространствах океанов и морей плавают шельфовые ледники и их обломки — айсберги, а также многолетние сезонные льды. Суммарно их площадь составляет 26% площади океана. Таким образом, льдами и ледниками сейчас занято около 21% поверхности Земли. Современный ледниковый климат не является нормальным состоянием Земли. Ледниковые и тепловые периоды в геологической истории Земли многократно чередовались. За последний миллиард лет тепловые эры трижды сменялись ледниковыми. Приятно сознавать, что субтропические пляжи на нашей планете когда-то распространялись до Белого моря, Чукотки и Гренландии, но к сожалению, это вновь случится не скоро*.

Климатическим условиям, которые возникнут в будущем, уделяется сейчас большое внимание. Высказывается мнение, что эти условия окажутся сходными с условиями отдаленного прошлого, когда атмосфера была богаче углекислым газом по сравнению с современной эпохой. Из данных о температуре воздуха в конце кайнозойской эры и в нынешнюю эпоху

* См.: Чумаков Н. М. Какой климат типичен для Земли//Природа — 1986. — № 10.

следует, что современный процесс потепления приводит к климатическим условиям, которые существовали миллионы лет назад. Причина заключается в том, что нынешнее потепление в основном обусловлено сжиганием запасов ископаемого топлива, причем за каждое десятилетие уничтожаются запасы угля и других видов топлива, которые создавались миллионы лет.

Вопрос этот сейчас волнует многих специалистов. В разных странах, разными методами проведены исследования и расчеты, с какой скоростью увеличивается масса углекислого газа в атмосфере и как это может повлиять на тепловой режим Земли. Западно-германский климатолог Флон по заданию Международного института системных исследований провел анализ возможных изменений климата в результате повышения концентрации CO_2 . Он предложил следующий сценарий климата на конец XX и XXI столетий, который относится к числу умеренных*.

Годы	1990	2000	2020	2040
Концентрация CO_2	0,04	0,043	0,061	0,088
Потепление, °С	0,5	1,0	2,5	4,0

Как видно из этих данных, существенное потепление на $2,5^\circ\text{C}$ может произойти к 2020 г.

Антропогенное влияние на климат может произойти также вследствие выделения большого количества тепла при сжигании различных видов топлива. Наша Земля получает от Солнца $0,8 \cdot 10^{11}$ киловатт энергии ($2,5 \cdot 10^{21}$ килоджоулей в год). Увеличение на 1% тепла изменит среднюю температуру у ее поверхности на $1,5^\circ\text{C}^{**}$. Мно-

гие ученые придерживаются того мнения, что количество «добавляющего» тепла не должно превышать 0,1%, то есть $0,8 \cdot 10^{11}$ киловатт*.

«Горы хлеба и бездна могущества»

ДЛЯ НАУКИ
И НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

Кто теперь не знает, каким великим подвигом была жизнь Циолковского?

«Основной мотив моей жизни,— писал он,— не прожить даром жизнь, продвинуть человечество хоть немного вперед. Вот почему я интересовался тем, что не давало мне ни хлеба, ни силы, но я надеюсь, что работы, может быть скоро, а может быть и в отдаленном будущем,— дадут обществу горы хлеба и бездну могущества».

Случайно ли человек вышел в космос?

На этот вопрос можно ответить только отрицательно. Вступление человечества в космическую эру было подготовлено всей его предшествующей историей. Это закономерный процесс развития общества на определенном этапе. Сейчас род человеческий живет, производит, потребляет и выбрасывает отходы своего производства в окружающую среду, которая подобна однокомнатной квартире. Нет необходимости особо подчеркивать, что использование космической технологии должно совмещаться с другими мероприятиями, способствующими построению мира, в котором Земля и космос станут функционально неразделимы. Очевидно также, что космический потенциал не панацея от всех бед. Но существует настоящая по-

* Подробнее об этом см.: Лосев К. С. Климат: вчера, сегодня... и завтра.— Гидрометеоздат, 1985.

** См.: Будыко М. И. Эволюция биосферы.— Л.: Гидрометеоздат, 1981.

* См.: Троицкий В. С. Размышления об энергетике будущего// Энергия.— 1984.— № 9.

требность использования всей окружающей среды.

Уже в ближайшие десятилетия людям Земли предстоит решать такие фундаментальные проблемы, как интенсивный рост народонаселения, истощение земных ресурсов, энергетический кризис, загрязнение окружающей среды. Разрешить эти проблемы земными источниками не представляется возможным. Космос должен дать человечеству жизненное пространство, вещество и энергию. Развитие космических исследований — это колоссальное накопление знаний, которые увеличивают экономическое могущество человека. Новые задачи, встающие перед космонавтикой, вызывают к жизни новые ракетно-космические средства, создав которые человечество обретет новые возможности для решения более сложных задач.

Народное хозяйство может получить больше выгоды от сбора информации о лесах. По площади лесов, доступных для разработки, наша страна не имеет себе равных. Площадь лесов в СССР превышает 8 миллионов квадратных километров, что составляет более 36% территории страны. Один из способов использования космических методов в лесном хозяйстве — фотографирование лесных массивов. Существенную роль сыграют спутники в экономической оценке лесных ресурсов. Сопоставление снимков, сделанных в разное время, дает возможность изучать процессы восстановления лесов, прогнозировать запасы различных видов древесных пород, определять рациональные сроки вырубки. Особую роль космические средства могут сыграть при охране лесов от пожаров. В пожароопасный период ежегодно возникает большое количество пожаров, а в отдельные засушливые годы лесные пожары становятся поистине бедствием.

«Вижу лесной пожар!» — такое сообщение иногда поступает с орбиты

в первые же сутки полета космонавтов. Главный враг леса обнаруживает себя дымными шлейфами над Африкой и Канадой, над Южной Америкой и нашей тайгой. Началу это кажется неожиданным. Увы, гораздо чаще, чем можно себе представить на Земле. А ведь с орбиты можно обнаружить горящий лес, когда площадь огня уже превышает 100 гектаров. Менее обширные очаги удается увидеть лишь в том случае, если они сильно дымят. Регулярный космический дозор для служб противопожарной охраны лесов незаменим. Ведь он дает возможность не только вовремя заметить следы огня среди деревьев, но и следить за развитием пожара, выбрать правильную стратегию и тактику подавления огня.

С каждым годом все новые и новые кладовые Земли открывают геологи. Нефть и природный газ, железная руда и марганец, алюминий и олово, золото и алмазы, уран и каменный уголь — вот далеко не полный перечень этих жизненно важных материалов, которые самым непосредственным образом влияют на развитие промышленности. Развитие мировой экономики показывает, что в ближайшие годы возрастет потребность в алюминии, молибдене, ванадии и других металлах. И здесь на помощь человеку опять приходит космонавтика.

Запуски первых пилотируемых кораблей серии «Восток» показали, что с орбитальных высот можно очень многое рассмотреть на земной поверхности даже невооруженным глазом. Хорошо заметны крупные реки и горы, искусственные водохранилища, зеленые массивы лесов, квадраты возделанных полей. Создание специальных спутников Земли, способных собирать необходимую для геологии информацию, позволяет получать качественно новые данные о многих процессах, формирующих строение и состав нашей планеты. Космическое фотографирование может доставить

информацию для выявления полезных ископаемых. При этом доступной становится любая точка земной поверхности.

Для проведения исследований в околоземном космическом пространстве в Советском Союзе разработаны искусственные спутники Земли серии «Космос». Они запускаются на круговые и эллиптические орбиты, которые имеют область высот от 140 до 66 000 километров и широкий диапазон наклонений орбит. Передача информации осуществляется в основном в диапазоне 20, 30 и 90 мегагерц. Некоторые спутники «Космос» оборудованы телевизионной связью. В соответствии с решаемыми задачами ряд этих спутников имеет спускаемую капсулу для возвращения научной аппаратуры и объектов экспериментов на Землю; спутники «Космос» запускаются с 1962 года с помощью ракет-носителей «Космос», «Союз», «Протон» и др.

Первые же искусственные спутники Земли принесли неочинимые сведения об околоземном космосе. Но пожалуй, самые широкие возможности открылись с появлением спутников перед метеорологией. Существующие в настоящее время на земном шаре около 100 000 метеорологических станций и примерно 800 станций радиозондирования не могут дать информацию с огромных просторов океана, Арктики и Антарктиды. Только спутники, оснащенные специальной аппаратурой, непрерывно перемещающейся над Землей, с высоты своей орбиты могут давать информацию о состоянии атмосферы и земной поверхности.

С марта 1969 года отечественная метеорологическая космическая система начала пополняться спутниками, носящими название «Метеор». Они стали запускаться на орбиту высотой около 900 километров. Восполнение системы «Метеор» очередным спутником осуществляется из такого расчета, чтобы в ее составе постоянно находи-

лось 2—3 исправных космических аппарата. В состав системы «Метеор» входит сеть наземных пунктов приема, обработки и распространения спутниковой информации, размещенных по всей территории страны.

Известный ученый и писатель-фантаст Артур Кларк в 1946 году написал повесть, в которой предсказывал, что весь земной шар будет когда-нибудь охвачен радио- и телевизионной связью, которая станет своеобразной «нервной системой» планеты. Спустя 20 лет в своей книге «Черты будущего»* он с удивлением отмечал: «В то время эти прогнозы казались большинству читателей неоправданно оптимистическими, теперь же они, наоборот, свидетельствуют о моем врожденном консерватизме». По словам А. Кларка, ему «даже не пригрезилось, что первые экспериментальные спутники связи выйдут на орбиту так скоро». Между тем именно они произвели подлинный переворот в области связи.

Радиоволны, которые являются основным переносчиком информации, распространяются в основном прямолинейно, так же как и свет. А Земля, к сожалению, круглая. Лишь странная случайность — наличие вокруг нашей планеты слоя (ионосферы), отражающего радиоволны, — сделала возможной дальнюю радиосвязь. Это невидимое зеркало, отражающее на Землю радиоволны широкополосного коротковолнового диапазона, однако, работает не очень надежно и к тому же совсем не отражает ультракороткие волны. Такие радиоволны пронзают ионосферу и уходят в космическое пространство. Поэтому их нельзя использовать для наземной

* Кларк А. Черты будущего.— М.: Мир, 1966.

связи. Для связи с другими планетами и космическими аппаратами они, на оборот, особенно удобны и хороши.

Хуже всего такое положение сказывается на телевидении. По техническим причинам для телевизионного вещания необходимы только очень короткие волны, то есть те самые, что не возвращаются на Землю из ионосферы. Оказалось, что телевизионные сигналы можно принимать на Луне, но не в соседней стране. Чтобы обслужить достаточно большую территорию, всю нашу страну, потребовалось бы строить невообразимо огромную сеть телевизионных станций, кабельные и радиорелейные линии. Кстати, вначале телевизионное вещание так и развивалось. Еще сложнее обстояло дело с океанами: они оставались для телевидения столь же непреодолимой преградой, какой они были для человеческого голоса до изобретения радио.

Использование космической техники в системах связи существенно повысило ее эффективность, позволило связать между собой все уголки земного шара, дало возможность использовать короткие волны. Правда, одним геостационарным спутником не перекрыть территорию Советского Союза. Поэтому обратились к спутникам другого типа, которые обращаются вокруг Земли на высоких эллиптических орбитах с апогеем 400 тысяч километров и перигеем 500 километров. Три таких спутника способны обеспечить круглосуточную связь на всей территории нашей страны, включая и полярные области.

Первый из них, «Молния-1», был введен в космос в апреле 1965 года. Тогда это произвело полную сенсацию — жители Владивостока впервые смотрели военный парад и демонстрацию на Красной площади одновременно с москвичами. Сегодня Советский Союз располагает самой развитой внутригосударственной системой спутниковой связи: «Орбита», «Экран»,

«Москва». В многоцелевой системе спутниковой связи также используются спутники «Молния-3», «Радуга», «Горизонт», «Экран». Они работают в сантиметровом и дециметровом диапазонах длин волн. Спутники типа «Молния» выводят на высокоэллиптические орбиты, а «Радуга», «Горизонт» и «Экран» — на геостационарную.

СССР является участником Международной организации морской спутниковой связи, объединяющей около полусотни стран. Центр морской спутниковой связи (ЦМСС-1) обеспечивает прямую телефонную или телеграфную связь практически с любым абонентом. По телефону или телеграфу моряки советских судов передают информацию, которую спутник «Горизонт» ретранслирует на береговую станцию. Другая международная система «КОСПАС-САРСАТ» действует по следующему принципу: аварийные радиобуи (АРБ), установленные на судах и самолетах, в случае аварии включаются вручную или автоматически. Искусственные спутники Земли принимают сигналы АРБ над районом бедствия и передают их на пункты приема информации, где сигналы автоматически обрабатываются для определения координат места аварии.

Люди путешествуют с незапамятных времен. И во все времена случались аварии, требовалось найти попавших в беду, помочь им, спасти. Характер помощи, ее технические средства, естественно, соответствовали уровню каждой эпохи; сейчас помощь терпящим бедствие стала приходиться из космоса. Используя современную космическую технику, удалось создать надежную систему обнаружения места бедствия на суше или на море. Ежедневно в море находится около 25 тысяч судов, около 15 тысяч бурильных и нефтедобывающих платформ, не считая сотен тысяч мелких судов. Следить за их благополучным плаванием помогает система «КОСПАС-

САРСАТ» (Космическая система поиска аварийных судов и самолетов и аббревиатура с английского «Поиск и спасение с помощью спутников»). По печальной статистике «Регистра Ллойда» в Мировом океане только в 1979 году из-за различных аварий погибло 465 судов. За период с 1973 по 1982 год потеряно 2228 крупных судов; 33 судна пропали бесследно, не успев дать по радио сигнал бедствия.

Являясь древнейшей из наук, астрономия на протяжении многих веков изучала небесные тела по испускаемому ими свету — электромагнитному излучению в очень узком интервале длин волн, которые не задерживаются земной атмосферой и к которым чувствителен человеческий глаз. Вывод телескопов за пределы атмосферы — на космические просторы — открыл широчайшие перспективы для астрономических исследований. Стало возможным изучение небесных тел в инфракрасном и ультрафиолетовом диапазонах, в гамма- и рентгеновских лучах. Большую часть излучения в этих диапазонах длин волн имеют астрофизические объекты, находящиеся в совершенно иных физических условиях, чем обычные звезды, испускающие львиную долю своей энергии в привычных для нас световых лучах.

Большое практическое значение будет иметь вынос телескопа в космическое пространство. Это событие этапное, сравнимое по значимости с открытием самого телескопа. Наблюдения при помощи телескопа, вынесенного за пределы атмосферы и имеющего такие же размеры, как максимально возможный на Земле, позволят исследовать объекты со светимостью в 1000 раз меньшей, чем это удастся в настоящее время наземным телескопам. При этом, возможно, удастся решить такую волнующую проблему: имеются ли планеты у ближайших к нам звезд.

На всем протяжении своей истории человек пользовался солнечным светом — прямым и отраженным. Однако вариации света, как дневного, так и ночного, были и остаются неподвластными человеку. Сегодня космическая техника подвела человека к порогу, за которым открывается возможность установки в космосе приспособлений для отражения солнечного света. При этом освещенность может произвольно меняться от освещенности, создаваемой полной Луной, до освещенности, во много раз превосходящей интенсивность солнечного излучения. Впервые идея создания космических рефлекторов была высказана немецким ученым и инженером Г. Обертом еще в 1929 году. Сейчас мы вплотную подошли к практическому осуществлению этих казавшихся фантастическими проектов.

Но прежде всего о том, для чего нужны такие искусственные луны. Оказывается, им можно найти целый ряд весьма ценных народнохозяйственных применений, особенно в нашей стране, обладающей огромными территориями.

Использование спутников-рефлекторов для освещения в ночное время улиц в крупных городах, транспортных магистралей,строек окажется экономически выгодным. Например, затраты на освещение из космоса пяти таких городов, как Москва, окупятся только благодаря экономии электроэнергии за 4—5 лет. Причем ту же систему рефлекторов можно переключить на другую группу городов практически без дополнительных капитальных затрат. Еще одна возможность — освещение мест, где необходимо организовать работу в ночное время. Например, крупные стройки в высоких широтах или сельскохозяйственные районы в период посевной и уборочных кампаний. Окрасит и облегчит искусственное светило жизнь и северянам, особенно тем, кто стра-

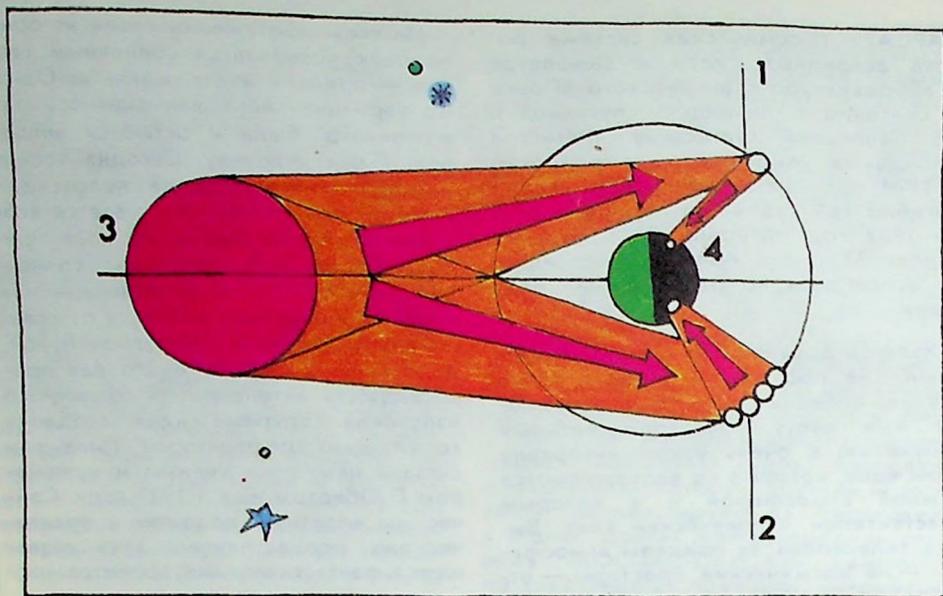


Рис. 2. Схема освещения Земли отраженным солнечным светом: 1 — отражатель «Солетта»; 2 — отражатель «Лунетта»; 3 — Солнце; 4 — Земля

дает от темноты долгой полярной ночи.

Исследователями уже проработан в общих чертах облик рентабельных отражающих систем. По-видимому, их следует располагать на геостационарной орбите. Каждый рефлектор будет напоминать обыкновенный зонтик, автоматически раскрывающийся после доставки на орбиту. В качестве покрытия может быть применена тончайшая пленка с нанесенным на нее отражающим слоем. Ориентация светового потока будет производиться по заданной программе или по команде с Земли. Можно даже будет продавать «лунный свет», ведь продают же в других странах нефть, газ, уголь!

Как показывают расчеты, если вывести на геостационарную орбиту отражатель площадью несколько квад-

ратных километров, то в зависимости от ориентации он сможет дать световое пятно на много тысяч квадратных километров. Причем освещенность в нем будет в несколько раз больше, чем дает полная Луна. Соорудив искусственную луну (ей даже уже придумано название «Лунетта») площадью в несколько десятков квадратных километров, мы «зальем» светом Землю, как если бы на небосводе взошло сразу множество полных лун*. Однако «Лунетта» не может согревать освещаемые районы, изменить их погоду и климат, для этого она чересчур слаба. Другое дело — «Солетта», более крупное рукотворное светило, главное назначение которого продлить день для светлюбивых растений, таких, например, как пшеница,

* Напомним нашим читателям: освещенность, создаваемая солнечными лучами в полдень, — 100 000 лк (люкс), от полной Луны — 0,2 лк, от ночного неба в безлунную ночь — 0,0003 лк.

сахарная свекла. Громадные просторы Сибири, если удастся удлинить лето и повысить среднегодовую температуру на несколько градусов, смогли бы дать больше хлеба и овощей.

Большой рефлектор не так-то легко вывести на орбиту, даже если его там собирать по частям. Удобнее создать несколько отражателей меньших размеров (рис. 2). Но все равно эти затраты окупятся через 20—30 лет, а увидим мы «Советту» на небосводе, по всей вероятности, в начале следующего века.

ЗАВОДЫ ВНЕ ЗЕМЛИ

Вся наша жизнь протекает в мире, где властвует тяжесть; мы приспособились к ней, привыкли. Причем привыкли настолько, что иной мир, лишенный притяжения, кажется нам странным. Сначала робко, а затем смелее человек стал обживать новую для себя стихию — космос. Теперь появились другие вопросы. Например: «А нельзя ли заставить космос служить людям, создав там «космические заводы»?».

Неограниченный источник энергии, каким является Солнце, делает эту идею особо привлекательной. Оказалось, что луч Солнца, сконцентрированный параболическим зеркалом, способен варить детали из нержавеющей стали и титановых сплавов. Пока сделаны только первые шаги, а фантазия инженеров уже видит заводы на орбите. В космосе открываются захватывающие перспективы творить, причем в совершенно иной среде; в условиях глубокого вакуума, мощных потоков тепла, идущего от Солнца, и низких температур, при наличии невесомости. Сейчас еще трудно себе представить все преимущества этих факторов, но уже можно утверждать, что открываются поистине фантастические перспективы.

Многие материалы в расплавленном

состоянии реагируют со стенками тиглей, форм, огнеупорной облицовкой печи. В результате расплав пачкается, в него попадают примеси. В то же время в технике все больше возрастает потребность в сверхчистых материалах. Как же их получить?

Производство стекла в космосе позволит не только получить абсолютно чистые стекла, но и создать новые сорта с более высокими оптическими свойствами, чем у полученных на Земле. Здесь нет ограничений в размерах. Мы можем делать линзы и зеркала для телескопов такими большими, что на Земле они просто треснули бы от собственного веса. Земные условия не позволяют получать и большие, не имеющие дефектов полупроводниковые кристаллы. А дефекты — это снижение качеств не только самих кристаллов, но и изготовленных из них приборов. Невесомость и космический вакуум обеспечивают получение кристаллов «неземной чистоты» с нужными свойствами.

Когда на Земле плавят материалы, имеющие различный удельный вес, они зачастую расслаиваются: более тяжелые оседают на дно, легкие — всплывают. Получать их равномерную смесь не удается. В невесомости же все материалы не спешат «отмежеваться» друг от друга. Здесь можно их равномерно перемешивать.

Примерно 300 лет назад профессор Флорентийской академии Эванджелиста Торричелли открыл «...пустоту—вакуум». Это открытие сыграло в технике огромную роль. Без изучения вакуума, без понимания его физики невозможно было создать двигатели внутреннего сгорания, не была бы создана и электронная техника. И если относительный вакуум, полученный людьми на Земле, способствовал росту промышленности, то можно себе представить, какие возможности откроются при освоении безграничных просторов космоса.

Пройдет некоторое время, прежде чем удастся окончательно определить все основные направления космической технологии, которые должны развиваться и приносить пользу народному хозяйству. На станции «Салют-7» уже получены с помощью установки «Корунд» достаточно крупные партии (в килограммах) полупроводниковых материалов. Причем это удалось сделать не только в присутствии космонавтов, но и в автономном режиме полета. Это дает основание сказать, что будущий завод на орбите станет работать в автоматическом режиме, космонавты-операторы будут посещать его сравнительно редко для подзаправки исходным сырьем, профилактики аппаратуры и вывоза продукции. Подобным образом перспективно производство сверхчистых металлов.

Луна, астероиды и другие небесные тела со временем могут обеспечить не только нужды космических полетов в высококачественных металлах, но и станут снабжать своей продукцией Землю. Специалистов по космической индустрии астероиды могут заинтересовать по двум причинам. Во-первых, их можно использовать в качестве баз расположения производственных мощностей. Не беда, что некоторые из них далеко от нас. Зато посадка на их поверхность и взлет с них большого труда не представляют, ведь у астероидов слабые поля притяжения; на самом крупном астероиде, Церера, притяжение почти в 20 раз меньше земного. И второе, чем могут заинтересовать астероиды — это запасы ископаемых. Предполагают, что в состав веществ, из которых состоят астероиды, входят железо, никель и другие необходимые нам металлы.

Некоторые близкие и сравнительно небольшие астероиды со временем можно будет перевести на новые орбиты поближе к Земле. Кандидатами

в соседи нашей планеты являются, например, Гермес (диаметр 1,6 километра, максимальное сближение с Землей 0,5 миллиона километров), Адонис (соответственно 1 километр и 1,5 миллиона километров). Конечно, приблизить астероид к Земле непросто. На нем необходимо установить мощные двигатели, которые создали бы реактивную тягу в направлении по касательной к траектории астероида. Кроме двигателей, с Земли надо привезти много топлива. Все это кажется нереализуемым. Но только для сегодняшнего дня. А в будущем решение этой задачи может быть вполне возможным.

В заключение хотелось бы отметить, что хотим мы того или нет, но человечество, скорее всего, вынуждено будет строить заводы на орбите и на Луне, используя ресурсы астероидов.

Дополнительная литература

1. Новиков Э. А. Планета загадок.— Л.: Недра, 1986.
2. Улубеков А. Т. Богатства внеземных ресурсов.— М.: Знание, 1984.
3. Воронов Г. С. Штурм термоядерной крепости.— М.: Наука, 1985.
4. Горшков С. П. Земельные ресурсы мира: антропогенные воздействия.— М.: Знание, 1987.
5. Озима Минору. История Земли.— М.: Знание, 1983.
6. Харитонов А. В. Энергетика Солнца и звезд.— М.: Знание, 1984.
7. Нестеров И. И., Рябухин Г. Е. Нефтяные и газовые месторождения мира.— М.: Знание, 1984.
8. Румянцев П. А. Космическая система. «Метеор».— М.: Знание, 1983.
9. Токовинин А. А. Орбитальные оптические телескопы.— М.: Знание, 1986.

Журнальные статьи

- Благов В. Д. «Мир» — советская орбитальная станция нового поколения // Земля и Вселенная.— 1986.— № 6.— С. 2—10.
- Будыко М. И. Антропогенное изменение климата // Природа.— 1986.— № 8.— С. 14—21.

ГЛАВА ВТОРАЯ

КОСМОНАВТИКА В ПУТИ



Глава вторая Космонавтика в пути

Локомотивы для космических трасс

Более 80 лет назад (в 1903 году) К. Э. Циолковский впервые установил зависимость конечной скорости, которой может достичь ракета, от количества находящегося на ее борту топлива и от скорости истечения продуктов его сгорания (газов) из ракетного двигателя. При приближенных расчетах он исходил из того, что сила тяжести и сопротивление воздушной среды отсутствуют. Найденную зависимость он выразил формулой:

$$V_{\text{кон}} = W \cdot \ln \frac{M_{\text{нач}}}{M_{\text{кон}}} \quad (1)$$

Здесь $V_{\text{кон}}$ — конечная скорость ракеты, то есть та скорость, которую приобретает ракета после сгорания всего запасенного в ней топлива при условии разгона ее в «свободном» космическом пространстве. Ее обычно называют характеристической, или идеальной, скоростью, подчеркивая тем самым, что хотя в действительности она и не достигается, однако в некоторых идеальных условиях ее все же можно было бы получить. W — скорость истечения газов из ракетного двигателя; $M_{\text{нач}}$ — начальная масса ракеты, так называемая стартовая масса, включающая массу конструкции, запаса топлива и полезного груза; $M_{\text{кон}}$ — конечная масса ракеты, то есть масса после израсходования топлива; \ln — знак натурального логарифма.

Из приведенной формулы следует: чтобы ракета смогла достичь возможно большей скорости полета, ее создатели должны стремиться сделать ракету как можно легче, чтобы возможно большая доля начальной массы приходилась на топливо и полез-

ный груз. Скорость истечения газов из сопла ракетного двигателя зависит от их температуры и молекулярного веса. Чем выше температура, тем больше скорость. Молекулярный вес продуктов сгорания (рабочего тела), напротив, желательно иметь как можно меньше: с его уменьшением скорость истечения возрастает. С этой точки зрения наилучшим горючим считают жидкий водород. Он обладает большой теплотворной способностью, обеспечивает высокую температуру продуктов сгорания, и самым низким молекулярным весом из всех веществ, известных на Земле.

Так, если скорость истечения газов взять равной 3500 метрам в секунду, то двигатель, в котором в каждую секунду сгорает, допустим, 100 килограммов топлива, разовьет тягу $F = 100 \times 3500 = 35000$ ДаН на килограмм (35 тонн-сил). Совершенство двигателя и эффективность его работы характеризуются удельным импульсом (удельной тягой) $I_{\text{уд}}$, который получается при израсходования 1 килограмма топлива за 1 секунду. Размерность удельного импульса — метры на секунду*.

По виду используемой энергии двигательные установки космических аппаратов подразделяются на термохимические, ядерные, электрические. Каждый из указанных типов имеет свои преимущества и недостатки и может применяться в определенных условиях. В настоящее время космические корабли, орбитальные станции и беспилотные спутники Земли выводятся в космос ракетами, оснащенными мощными термохимическими двигателями.

Существуют также миниатюрные двигатели малой тяги. Это уменьшенная копия мощных двигателей. Неко-

* В технической системе единиц размерность удельного импульса в секундах.

торые из них могут уместиться на ладони. Тяга таких двигателей очень мала, но и этой силы бывает достаточно, чтобы управлять положением корабля в пространстве.

Ядерные ракетные двигатели находятся в стадии изучения и разработки, но очевидно, в будущем найдут самое широкое применение на межпланетных космических кораблях. То же можно сказать и об электрических двигателях, являющихся перспективными и экономичными силовыми установками для путешествий к далеким мирам. Но давайте будем последовательными и рассмотрим все по порядку.

Термохимические ракетные двигатели. Термохимические ракетные двигатели можно классифицировать по физическому состоянию применяемого топлива на жидкостные ракетные двигатели (ЖРД), работающие на жидком топливе, и твердотопливные (РДТТ), использующие специальные ракетные пороха. Топливо для ЖРД может быть однокомпонентным (перекись водорода, гидразин и др.), двухкомпонентным и многокомпонентным. Из повседневной практики известно, что в двигателе внутреннего сгорания, топке парового котла — всюду, где происходит сгорание, самое активное участие принимает кислород. Без него нет горения. В космическом пространстве кислорода нет, поэтому для работы ракетных двигателей в космическом пространстве необходимо топливо, содержащее горючее и окислитель.

Горючее — компонент ракетного топлива, вступающий в химическую реакцию окисления (горения) при взаимодействии с окислителем. Жидкие горючие делятся на углеводороды (керосин, скипидар и др.), азотоводороды (гидразин, аммиак и др.), бороводороды (диметилгидразин, спирты, эфиры и др.), водород жидкий. В перспективе могут быть использованы в качестве горючего легкие металлы —

бериллий, литий и др. Окислитель — компонент ракетного топлива, служащий для окисления горючего.

Горючее и окислитель для ЖРД хранятся раздельно в специальных баках. С помощью специальных насосов они оттуда под давлением газа подаются в камеру сгорания. Здесь при их соединении развивается температура до 3000—4500°С и давление 0,5—2,0 мегапаскаль (50—200 килограммов-сил на квадратный сантиметр). Продукты сгорания, расширяясь, стремительно вылетают со скоростью 2500—4500 метров в секунду и, отталкиваясь от корпуса двигателя, создают реактивную тягу. При этом чем больше масса и скорость истечения газов, тем больше тяга двигателей. Насосы подают топливо к головке двигателя, в которой смонтировано большое количество форсунок: через одни из них в камеру впрыскивается окислитель, через другие — горючее (рис. 3).

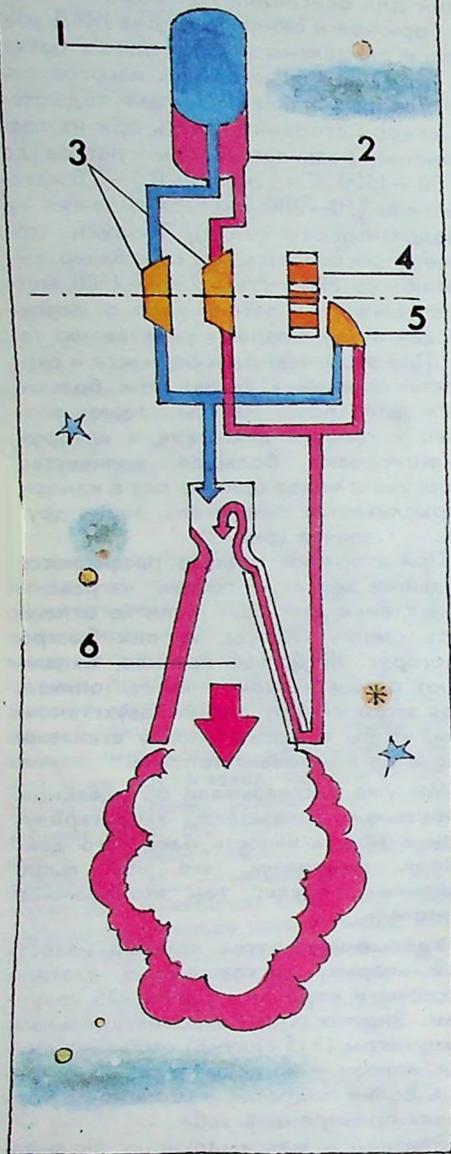
При сгорании топлива развиваются большие тепловые потоки, нагревающие стенки двигателя. Если не охлаждать стенки камеры, то они быстро прогорят. ЖРД, как правило, охлаждаются одним из компонентов топлива. Для этого камеру делают двухстеночной, чтобы в зазоре между стенками протекал компонент топлива.

Мы уже рассказывали об удельном импульсе — показателе, характеризующем эффективность ракетного двигателя. Напомним, что чем выше удельный импульс, тем экономичнее двигатель.

Удельный импульс хорошо известной «пары», состоящей из азотной кислоты и керосина, равен 235 секундам. Значительно большим удельным импульсом (345 секунд) обладает другая «пара» — жидкий фтор и гидразин. Более подробные сведения о топливах приведены в табл. 4.

Близкий к максимальному оказывается удельный импульс двигателя, работающего на жидком кислороде и

Рис. 3. Схема ЖРД с насосной подачей топлива: 1 — окислитель; 2 — горючее; 3 — насосы; 4 — газовая турбина; 5 — газогенератор; 6 — камера ЖРД



жидком водороде. В реактивной струе этого двигателя газы мчатся со скоростью немногим больше 4 километров в секунду. Температура этой струи около 3000°C , и состоит она из перегретого водяного пара, который образуется при сгорании жидких водорода и кислорода.

Но у кислорода наряду с рядом достоинств есть и один крупный недостаток: при нормальной температуре он представляет собою газ. Понятно, что применять в ракете газообразный кислород нельзя, ведь в этом случае пришлось бы его хранить под большим давлением в массивных баллонах. Чтобы превратить кислород в жидкость, его нужно охладить до температуры -183°C . Однако сжиженный кислород легко и быстро испаряется, даже если его хранить в специальных теплоизолированных сосудах. Поэтому нельзя, например, долго держать снаряженную ракету, двигатель которой работает на жидком кислороде. Приходится заправлять кислородный бак такой ракеты непосредственно перед пуском.

Азотная кислота не обладает таким недостатком и поэтому является «сохраняющимся» окислителем. Этим в большей мере объясняется ее прочное положение в ракетной технике, несмотря на существенно меньшую удельную тягу, которую она обеспечивает. Использование наиболее сильного из всеизвестных в химии окислителей, фтора, позволяет существенно увеличить эффективность ЖРД. Правда, жидкий фтор неудобен в эксплуатации из-за ядовитости и низкой температуры кипения (-188°C). Но это не останавливает ракетчиков: экспериментальные двигатели на фторе уже существуют.

Наш соотечественник Ф. А. Цандер предложил использовать в качестве горючего легкие металлы — литий, бериллий и др., особенно как добавку к обычному топливу, например водородно-кислородному. Подобные «тройные композиции» способны, пожалуй, обеспечить наиболее возможную для химических топлив скорость истечения — до 5 километров в секунду. Но это уже, вероятно, предел ресурсов химии. Большого она практически сделать не может.

Хотя мы и начали рассказ с ЖРД, но первым был создан ракетный термохимический двигатель на твердом топливе или просто РДТТ. Во время Великой Отечественной войны прославились многозарядные минометы — легендарные «Катюши»; их реактивные снаряды были оснащены такими двигателями. Топливо, специальный порох, находится в РДТТ непосред-

ственно в камере сгорания. Камера с реактивным соплом — вот и вся конструкция.

По своему удельному импульсу твердые топлива на 10—30% уступают жидким. Тем не менее реактивные двигатели на твердом топливе имеют много преимуществ перед двигателями на жидком топливе: они просты в изготовлении, длительное время могут храниться, всегда готовы к действию и т. д.

Ядерные ракетные двигатели. Один из основных недостатков ракетных двигателей, работающих на жидком топливе, связан с ограниченной скоростью истечения газов. В ядерном ракетном двигателе (ЯРД) представляется возможность использовать колоссальную энергию, выделяющуюся при разложении ядерного «горючего» для нагревания рабочего вещества. Принцип действия ЯРД почти не отличается от принципа действия термохимических двигателей. Разница же заключается в том, что рабочее тело нагревается не за счет своей собственной химической энергии, а за счет тепла, выделяющегося при внутриядерной реакции. Рабочее тело пропускается, например, через ядерный реактор, в котором происходит реакция деления атомных ядер (скажем, урана-235), и при этом нагревается.

У ЯРД отпадает необходимость в окислителе, и поэтому может быть использована только одна жидкость. В качестве рабочего тела целесообразно применять вещества, обладающие большим удельным импульсом. Этому условию наиболее полно удовлетворяет водород, затем следуют аммиак, гидразин и вода.

Процессы, при которых выделяется ядерная энергия, подразделяют на радиоактивные превращения, реакцию деления тяжелых ядер, реакцию синтеза легких ядер. Радиоактивные превращения реализуются в так называемых изотопных источниках энергии.

Таблица 4

Основные данные
типичных топлив для ЖРД

Окислитель	Горючее	Плотность, кг/л	Удельный импульс, м/с	Теплотворная способность, кДж/кг	Примечание
Азотная кислота	Керосин*	1,36	2 350	6 100	
Жидкий кислород	Керосин	1,0	2 750	9 200	
Жидкий кислород	Жидкий водород**	0,25	3 400	13 400	Самовоспламеняющиеся
Жидкий кислород	Диметилгидразин	1,02	2 850	9 200	
Жидкий фтор	Гидразин	1,32	3 450	9 350	Самовоспламеняющиеся

* Содержание азотной кислоты по массе 84,6%, по объему — 75%.

** Содержание кислорода по массе 86%, по объему — 78%.

Удельная массовая энергия (энергия, которую может выделить 1 килограмм массы) искусственных радиоактивных изотопов значительно выше, чем у химических топлив. Так, для ^{210}Po она равна $5 \cdot 10^8$ килоджоулей на килограмм, в то время как для наиболее энергопроизводительного химического топлива (бериллий с кислородом) это значение не превышает $3 \cdot 10^4$ килоджоулей на килограмм (7200 килокалорий на килограмм)*.

К сожалению, подобные двигатели применять на космических ракетах-носителях пока нерационально из-за высокой стоимости изотопного вещества и трудностей в эксплуатации. Ведь радиоактивный изотоп выделяет энергию постоянно, даже при его транспортировке в специальном контейнере или при стоянке ракеты на старте.

Ядерные реакторы деления используют еще более энергопроизводительное топливо, чем радиоактивные изотопы. Так, удельная массовая энергия урана-235 (делящегося изотопа урана) равна $6,75 \cdot 10^9$ килоджоулей на килограмм, то есть примерно на порядок выше, чем у изотопа ^{210}Po . Эти двигатели можно «включать» и «выключать», ядерное горючее уран-233, уран-235, уран-238, плутоний-239 значительно дешевле изотопного. У таких двигателей в качестве рабочего тела может быть спирт, аммиак, жидкий водород. Особенно высокие значения удельных импульсов (до 9000 м/с) можно получить, применяя жидкий водород**.

Величина удельной тяги для некоторых рабочих тел, м/с (с):

Водород — 9000 (900)

Аммиак — 5000 (500)

Гидразин — 4500 (450)

* См.: Бурдаков В. П., Данилов Д. И. Ракеты будущего. — М.: Атомиздат, 1980.

** См.: Паневин Г. И., Прищепа В. И., Хазанов В. Н. Космические ядерные ракетные двигатели. — М.: Знание, 1978.

Вода — 3500 (350).

Простейшая схема ЯРД, работающая на твердом ядерном горючем, показана на рис. 4. Рабочее тело помещено в баке; насос подает его в камеру двигателя. Распыляясь с помощью форсунок, рабочее тело вступает в контакт с тепловыделяющим ядерным горючим, нагревается, расширяется и с большой скоростью выбрасывается через сопло наружу.

Заставить атомы работать в ракетном реакторе — задача невероятной трудности. В «адском пламени» реактора пакет ядерного горючего раскаляется до температуры вольфрамовой нити в электролампе. Но ядерное горючее превосходит по теплопроизводительности любой другой вид топлива. Так почему же установки на этом горючем имеют все-таки большую массу?

Дело в том, что ядерная энергетическая установка при работе выделяет большое количество излучений, состоящих главным образом из нейтронов и гамма-лучей. В земных условиях атомный реактор, являющийся главной частью атомных электростанций, окружают толстыми бетонными стенами для создания безопасных условий обслуживающему персоналу. Бетонная защита весит тысячи тонн. Конечно, такой вид защиты не пригоден для применения на космических летательных аппаратах.

Какая же защита от проникающей радиации, возникающей при работе атомного реактора, возможна на космическом летательном аппарате?

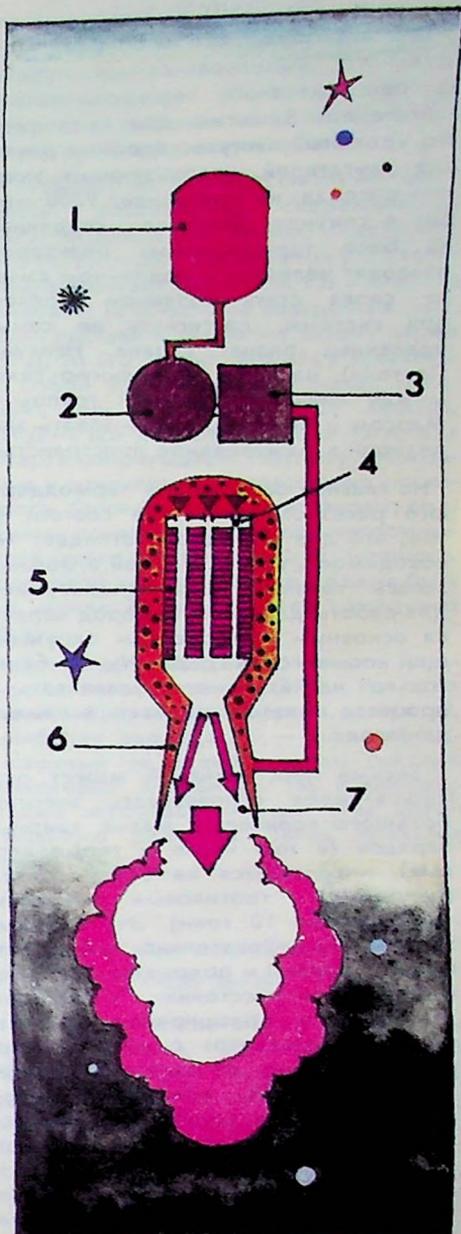
По-видимому, ядерная энергетическая установка во время работы должна находиться не на борту, а на некотором удалении от аппарата. При такой схеме нейтроны и гамма-лучи будут рассеиваться в космическом пространстве, минуя корпус космического аппарата, но все же какая-то часть излучения будет попадать в помещение, где находятся люди, и от нее также нужна защита в виде экранов из плас-

Рис. 4. Схема ядерного ракетного двигателя: 1 — бак с жидким рабочим телом; 2 — насос; 3 — приборы управления подачей рабочего тела; 4 — форсунки для распыления рабочего тела; 5 — пакет твердого ядерного горючего; 6 — охлаждающий тракт (межрубашечное пространство); 7 — сопло

тин. Однако большая толщина означает увеличение массы, что для космических аппаратов очень нежелательно. Экраном, защищающим человека от потока заряженных частиц и гамма-лучей, лучше всего служит свинец. Взаимодействуя с электронными оболочками его атомов, эти излучения быстро гаснут. Но для нейтронов даже толстые свинцовые стены не преграда.

Зато тепловые нейтроны очень сильно поглощаются ядрами атомов некоторых элементов: кадмия, гафния, гадолиния. Тоненькая пластинка из этих металлов преграждает путь почти всем нейтронам. Практические разработки ЯРД, использующих твердое ядерное горючее, были начаты в середине 50-х годов, то есть одновременно с введением в строй первых атомных электростанций. В космосе уже побывали американская установка «СНАП-10А» и советская установка «Топаз». Существуют проекты ЯРД, у которых делящееся вещество находится в жидком, газообразном или даже плазменном состоянии. Удельный импульс таких двигателей в случае применения в качестве рабочего тела водорода может составить 25 000 метров в секунду, однако реализация подобных логически возможных схем встречает многочисленные трудности.

Нам остается еще рассказать о ракетных двигателях, использующих для получения энергии не деление тяжелых ядер урана, а термоядерную реакцию синтеза. Предварительные исследования показывают, что подобный двигатель должен обладать совершенно уникальными характеристиками и, в частности, удельный импульс дол-



жен превышать 180 000 метров в секунду; это более чем в 30 раз выше удельного импульса самых лучших из перспективных термоядерных двигателей. Заметим для сравнения, что удельный импульс ядерных ракетных двигателей, использующих энергию распада, не превышает 9000 метров в секунду. Двигатели, созданные на базе термоядерных реакторов, позволяют человеку в подлинном смысле слова стать хозяином Солнечной системы, достигнуть ее самых удаленных планет (Урана, Нептуна, Плутона), наладить постоянную связь между планетами земной группы — Марсом и Венерой, организовать экспедиции в межзвездное пространство.

Но главная особенность термоядерного ракетного двигателя состоит в том, что для его работы отпадает необходимость возить с собой огромные запасы топлива. Ведь используемый для работы двигателя водород является основным компонентом окружающей космической среды. Нужно будет только научиться его улавливать в процессе полета и подавать в камеру двигателя.

Весьма перспективной может оказаться идея использовать энергию большого количества малых ядерных зарядов (в том числе и термоядерных), находящихся на борту ракеты (например, с тротиловым эквивалентом порядка 10 тонн). Эти ядерные заряды последовательно выбрасываются из ракеты и подрываются за ней на некотором расстоянии. При каждом взрыве часть расширяющихся газобразных продуктов с высокой скоростью ударяет об основание ракеты — толкающую платформу. Под действием удара платформа движется вперед с большим ускорением, которое гасится демпфирующим устройством таким образом, чтобы возникающая при этом перегрузка не превышала предела выносливости человека. После цикла сжатия демпфирующее

устройство возвращает толкающую платформу в начальное положение, после чего она готова принять новый очередной удар. Суммарное приращение скорости полета ракеты зависит от количества ядерных взрывов.

Электрические ракетные двигатели.

Итак, для вывода на орбиту космической ракеты необходимы двигатели, развивающие огромную тягу. Совсем другое дело — двигательные установки для уже выведенных на орбиту космических аппаратов. Здесь, как правило, нужны двигатели малой тяги, мощность которых может измеряться несколькими киловаттами и даже единицами ватт. Пожалуй, наиболее универсальными и простыми двигателями, удовлетворяющими этим требованиям, являются электрические ракетные двигатели (ЭРД).

В основу всякого реактивного движения заложен процесс ускорения вещества (рабочего тела) с последующим его истечением. У ЭРД разгон рабочего тела до определенной скорости производится за счет электрической энергии. Необходимая энергия поступает от бортового источника (панелей солнечных батарей или атомной электростанции). Академик В. П. Глушко предложил первый проект, предусматривающий крупномасштабное использование солнечной радиации с последующим преобразованием ее в электрическую энергию для питания силовой установки, гелеоракетоплана.

Схемы разрабатываемых ЭРД чрезвычайно разнообразны; также различны способы нагревания тела. В электротермическом ракетном двигателе рабочее тело, твердое или газы с малым молекулярным весом (гелий, водород и др.), нагреваются до высокой температуры (1000—5000°С) с помощью электрической дуги. Нагретое до высокой температуры рабочее тело превращается в плазму — электрически нейтральную смесь положитель-

ных ионов и электронов. При лабораторных испытаниях электротермических (электродуговых) двигателей достигнута скорость истечения 150—200 километров в секунду. Если удастся осушить магнитную изоляцию плазмы от стенок камеры, то температуру плазмы можно будет значительно увеличить, а скорость истечения довести до 100 километров в секунду*.

Более совершенным является электромагнитный (плазменный) ракетный двигатель, в котором рабочее тело превращается в плазму и ускоряется с помощью воздействующего на нее электромагнитного поля. В таких двигателях возможно получение скоростей истечения в несколько сотен километров в секунду. Плазменные двигатели не только испытываются в лабораториях, но уже давно были проверены в космическом полете. Запущенная в конце 1964 года к Марсу межпланетная автоматическая станция «Зонд-2» имела 6 небольших плазменных двигателей, с помощью которых достигалась требуемая расчётами ориентация станции.

Другим представителем современного ЭРД является электростатический (ионный) ракетный двигатель, в котором рабочее тело (цезий, рубидий, ртуть, аргон и т. п.) сначала путем подогрева подвергается ионизации, после чего образовавшиеся положительные ионы ускоряются в сильном электростатическом поле до скоростей в десятки и сотни километров в секунду. С помощью специального устройства (эмиттера) производится нейтрализация реактивной струи электронами.

Электрические ракетные двигатели отличаются простой регулировкой тяги, и в этом одно из важных их пре-

имуществ. Основной же недостаток состоит в том, что для каждого ЭРД необходимо иметь на борту источник электроэнергии. У ЖРД источник энергии и рабочее тело нераздельны, и эта проблема отсутствует.

Любопытно, что максимальная мощность, развиваемая современными ЖРД, огромна. Так, можно подсчитать, что ЖРД тягой 1 меганьютон (100 тоннсил) развивает мощность 1,6 миллиона киловатт (2 миллиона лошадиных сил). Если поставить такую же задачу перед ЭРД, то это значит, что надо захватить с собой электростанцию более мощную, чем Братская ГЭС! Правда, ЭРД — это двигатели малой тяги, для старта непригодные. Поэтому требования к мощности соответственно снижаются. Снижаются, но не исчезают: подсчеты показывают, что при ничтожной тяге всего в 100 граммов мощность бортовой электростанции должна быть не менее 30 киловатт (40 лошадиных сил).

Вот в этом состоит основная трудность использования ЭРД. Из всех источников электроэнергии, пожалуй, наиболее подходящий — атомный, основанный на радиоактивном распаде некоторых элементов. Не исключено также использование для этих целей ядерного реактора. Таких проектов очень много.

Космические корабли ЧЕЛОВЕК — ЖИТЕЛЬ ЗЕМЛИ

Путь в космос лежит через воздушный океан, окутывающий нашу Землю. По мере удаления от планеты давление воздуха неуклонно снижается, а на большой высоте оно становится столь ничтожным, что практически соответствует вакууму. В связи с этим перед учеными возникла задача создания человеку условий для нормальной жизни в безвоздушном пространстве. Поэтому на всех пилотируемых кос-

* Подробнее об этом см.: Морозов А. И., Шубин А. П. Космические электрореактивные двигатели. — М.: Знание, 1975 (серия «Космонавтика, астрономия»).

мических летательных аппаратах устанавливаются герметические кабины, в которых поддерживается заданная воздушная среда.

Какой же климат должен быть в помещениях, в которых находится экипаж: давление, газовый состав, температура и влажность воздуха?

Человек — житель Земли и не приспособлен для существования в условиях, отличных от тех, к которым привык, находясь на ее поверхности. Кислород, который мы вдыхаем вместе с атмосферным воздухом, служит для осуществления реакции окисления, при его участии происходит «сгорание» органических веществ в клетках, в результате чего образуется энергия, обеспечивающая все виды деятельности человека.

Газообмен между атмосферным воздухом и органами дыхания человека происходит в легких, представляющих собой множество мельчайших легочных альвеол (диаметром около 0,2 миллиметра), густо оплетенных кровеносными сосудами. Через тонкие стенки альвеол легко проникают газы: из воздуха в кровь — кислород, а из крови в воздух — углекислый газ и пары воды. На уровне Земли артериальная кровь почти на 100% насыщена кислородом. При подъеме на высоту до 2 километров насыщение крови кислородом снижается незначительно, и никаких заметных изменений у человека не наблюдается. На высотах от 2 до 3 километров насыщение крови кислородом продолжает снижаться, но организм компенсирует недостаток кислорода учащением дыхания и увеличением его глубины. При дальнейшем же подъеме содержание кислорода в крови продолжает падать, и организм человека уже не может с этим справиться.

Начиная с высоты 4 километра происходит снижение кислорода из легких в кровь замедляется до такой степени, что наступает кислородное голода-

ние — гипоксия. Следует подчеркнуть, что у человека в это время теряется способность целенаправленно действовать даже в тех случаях, когда это необходимо для спасения собственной жизни и жизни товарищей.

Из того, что было сказано, можно сделать такой вывод. «Высота» в кабине космического корабля должна быть не более 2 километров, а еще лучше, если поддерживать нормальное атмосферное давление и состав воздуха, к которым привык человек. Так и решили наши специалисты, установив в кабинах космических кораблей давление 101,3 килопаскаля (760 миллиметров ртутного столба).

Известно, что общее давление воздуха является суммой давлений входящих в его состав газов, и на долю кислорода из этой суммы приходится 21,1 килопаскаля (159 миллиметров ртутного столба). В процессе дыхания участвует только кислород.

А что если создать в кабине чистокислородную атмосферу? Сможет ли в этих условиях жить и работать человек в течение длительного времени?

Проделали много экспериментов, которые установили, что человек может в течение длительного времени дышать чистым кислородом, но при давлении не менее 26,2 и не более 41 килопаскаля. Если же вдыхать кислород при давлении больше, чем 41 килопаскаль (308 миллиметров ртутного столба), то возникают признаки кислородного отравления, появляется кашель, нарушается сердечная деятельность. Однако в любой аптеке можно приобрести кислородную подушку, кислородом дышат тяжелобольные. Что же, вместо целебного лекарства им дают яд? Дело в том, что медицинским кислородом дышат в течение короткого времени, и тогда он оказывает спасительное действие. Стоит перешагнуть некоторый предел длительности, и вместо блага получится вред.

Чистокислородная атмосфера изменялась в кабинах американских космических кораблей. Пониженное давление позволяло уменьшить массу корабля за счет утоньшения стенок его кабины. Это обстоятельство, уменьшение массы, очень ограничивало американских инженеров, которые в то время не располагали мощными ракетами для доставки на орбиту тяжелого корабля.

Сколь необходимо присутствие азота в атмосфере кабины — до сих пор неясно. Некоторые исследователи считают, что он не участвует в обмене веществ, происходящем в организме человека, однако еще нет данных, дающих полную уверенность в его биологической инертности.

Различные вредные вещества выделяются установленным оборудованием и материалами, из которых изготовлена кабина. Сколь ни малы эти выделения, со временем их содержание достигает опасной концентрации. Специалисты тщательно отбирают материалы, которые «допускаются» в кабину, особое беспокойство вызывают пластмассы, лаки, клей. Хорошим поглотителем дурнопахнущих веществ является древесный уголь. Если прогонять воздух через патрон, заполненный древесным углем, то в нем будут задерживаться многие ароматические соединения, включая углеводороды, спирты, органические кислоты.

Для поддержания нормальной жизнедеятельности человек, как и все живые организмы, должен непрерывно получать из окружающей среды определенные вещества, химическое превращение которых и является энергетическим источником жизни. При потреблении 1 литра кислорода человек выделяет примерно 20 килоджоулей (5 килокалорий) энергии. Эта важная характеристика, дающая возможность определить теплопродукцию человека в зависимости от количества потребляемого кислорода. Че-

ловек в состоянии покоя, лежа в постели, на поддержание нормальной жизнедеятельности — работу внутренних органов: сердца, печени, почек и др., а также на сохранение тонуса мышц — тратит около 75 ватт (64,5 килокалории в час). Эта величина характеризует так называемый основной обмен — минимальную теплопродукцию. Выполнение физической работы сопровождается значительным увеличением теплопродукции. При выполнении тяжелой работы (землекопы, лесорубы) теплопродукция увеличивается в 7—10 раз.

Количество энергии, поступающей в организм с пищевыми продуктами, должно соответствовать теплопродукции. У экипажа космического корабля «Союз-9» в составе А. Г. Николаева и В. И. Севастьянова в течение 18-суточного полета теплопродукция в среднем на одного человека составляла 120 ватт (2600 килокалорий в сутки). Замеры, проведенные при последующих полетах, показали, что среднесуточный расход энергии оставался примерно на этом уровне.

Сколько же нужно пищевых продуктов (белков, жиров и углеводов), чтобы возместить расход энергии?

Оказывается, не так уж много — примерно 700 граммов. Однако энергетическая ценность пищевых веществ неодинакова. Так, 1 грамм углеводов или 1 грамм белка дает при сгорании в организме около 17 джоулей (4 килокалории). Жиры представляют значительно большую энергетическую ценность, так как при сгорании в организме выделяют 38 джоулей (8 килокалорий). Казалось бы, 300 граммов чистого жира было бы достаточно для удовлетворения суточной потребности космонавтов в пище. Компактно и легко. Но физиологи утверждают: подходить к питанию человека только с энергетической точки зрения нельзя.

Пища не только источник энергии, но и строительный материал, необхо-

димый для непрерывного обновления клеток организма. Для осуществления этого процесса прежде всего нужны белки. В их химический состав входят различные аминокислоты, представляющие микроскопические «кирпичики», необходимые для постройки клеток. Ученые установили наиболее рациональное соотношение этих веществ в рационе питания. В сутки космонавт должен получать примерно 400 граммов углеводов, 100 граммов белков и 100 граммов жира, около 2200 граммов воды, минеральные соли и витамины.

СКАФАНДР — ОДЕЖДА ДЛЯ ВАКУУМА

В замкнутом объеме герметической кабины заключена как бы частичка земной атмосферы: такие же, как на Земле, атмосферное давление и состав воздуха. Здесь космонавт может жить и работать в течение длительного времени. Надежно и многократно испытана космическая техника. Но полеты в космос связаны с определенным риском, и очевидно, что в случае возникновения аварийной ситуации необходимо найти спасательные средства, с помощью которых была бы сохранена жизнь космонавтов.

Наибольшая опасность для космонавтов возникает при разгерметизации и полной утечке имеющегося в ней воздуха. Однако беды может не быть, если экипаж совершает полет в скафандрах. Работы по созданию скафандров* начались более 50 лет назад, и

наша страна включилась в них одной из первых. С тех пор скафандры прошли большой путь развития — от малоподвижного герметичного комбинезона до сложного технического устройства. Скафандр — это, по существу, та же кабина, но сжатая до минимально возможных размеров. В его конструкции воплощены последние достижения науки и техники. В разработке скафандра участвуют самые различные специалисты: ученые, инженеры, врачи и физиологи.

В нормальных условиях полета, когда в кабине поддерживается давление, скафандр не надут: он включится в работу немедленно и автоматически, как только произойдет разгерметизация кабины. Скафандр является универсальным снаряжением для космонавта. Он не только защищает от низкого барометрического давления, но при попадании в воду обеспечит плавучесть, а в случае возникновения пожара спасет от огня.

Напомним читателю, что с подъемом на высоту уменьшается давление воздуха и соответственно ему — давление содержащихся в нем газов. В итоге меньше кислорода поступает в кровь, а кровь, в свою очередь, не доставляет его нужным тканям, и нормальная жизнедеятельность человека нарушается. Уменьшение давления кислорода компенсируют увеличением его процентного содержания. На высоте 10 километров человек может находиться, если для дыхания подавать чистый кислород. Высота 12 километров является предельной, выше которой, даже вдыхая чистый кислород, человек может жить считанные минуты. Следовательно, для обеспечения процесса дыхания «высота» в скафандре должна быть не более 10 километров.

Следующее обстоятельство, с которым приходится считаться при выборе режима работы скафандра, — это высотные боли, которые могут появиться

* Когда говорят о «высоте» в скафандре, то под этим подразумевают атмосферное давление, которое соответствует этой высоте. Так, например, если «высота» в скафандре 10 километров, то это означает, что под его оболочкой поддерживается такое же давление, как на высоте атмосферы 10 километров, то есть 26,2 килопаскаля (197 миллиметров ртутного столба).

у человека, когда он находится на высоте более 7 километров. На этой высоте растворенный в тканях организма азот переходит в газообразное состояние. Появившиеся пузырьки газа нарушают кровоснабжение жизненно важных органов или вызывают боли, оказывая давление на нервные окончания. Вот еще важный критерий: для защиты от высотных болей «высота» в скафандре должна быть не более 7 километров.

Таким образом, в космическом скафандре желательно иметь два режима: при «высоте» 7 километров — для длительного пребывания в скафандре и защиты от высотных болей и при «высоте» 10 километров, обеспечивая потребность организма в кислороде и выполнение заданной работы с минимальной затратой сил. Когда космонавт находится в спокойном состоянии или работа не требует от него больших усилий, тогда режим соответствует «высоте» в скафандре 7 километров. Нужно космонавту выполнить работу, требующую больших усилий, — и «высота» в скафандре увеличивается до 10 километров.

Человека в скафандре нужно обеспечить кислородом для дыхания, но не следует забывать, что организм непрерывно выделяет влагу и тепло. Влагу и тепло следует выводить из скафандра, иначе белье станет мокрым, а температура тела начнет повышаться, наступит тепловой удар. Чтобы этого не произошло, скафандр снабжен системой трубок (вентилирующей системой), по которым непрерывно пропускается воздух. Воздух забирает избыток тепла, способствует испарению влаги и удалению ее из подскафандрового пространства.

Современные скафандры применяются не только как спасательное средство при разгерметизации кабины, их также надевают космонавты, собираясь покинуть корабль и выйти в открытый космос. Таким образом, в зависи-

мости от назначения скафандры разделяются на аварийно-спасательные (или просто спасательные) и для выхода в космос*.

Первый шаг на пути освоения открытого космического пространства был сделан 18 марта 1965 года гражданином СССР Алексеем Леоновым, который впервые вышел из корабля в открытый космос. Ранец, с которым советский космонавт вышел в космос, вмещал в себя три баллона емкостью по 2 литра каждый. С помощью компрессора в баллоны был накачан кислород под давлением, в 150 раз большим, чем атмосферное. Таким образом, если привести запас кислорода к нормальным атмосферным условиям, то окажется, что в баллонах уместилось около 1666 литров кислорода. Из баллонов кислород поступал в прибор, который был отрегулирован так, чтобы подавать в шлем скафандра около 30 литров газа в 1 минуту. А всего запаса кислорода хватало на 30 минут.

Скафандр, которым пользовался А. Леонов, был вентиляционного типа. У него выдыхаемые газы, содержащие кислород, выбрасывались наружу. У такой системы происходит большой расход кислорода (более 30 литров в минуту). Перед учеными и конструкторами была поставлена задача создать более экономичный скафандр и тем самым увеличить время, в течение которого космонавт мог находиться в открытом космосе. Для удовлетворения этих требований необходимо было разработать принципиально новую установку, у которой происходит очистка выдыхаемых газов от вредных примесей и влаги, после чего они вновь используются.

Как устроена эта система, показано на рис. 5. Установленный в ранце вентилятор обеспечивает циркуляцию

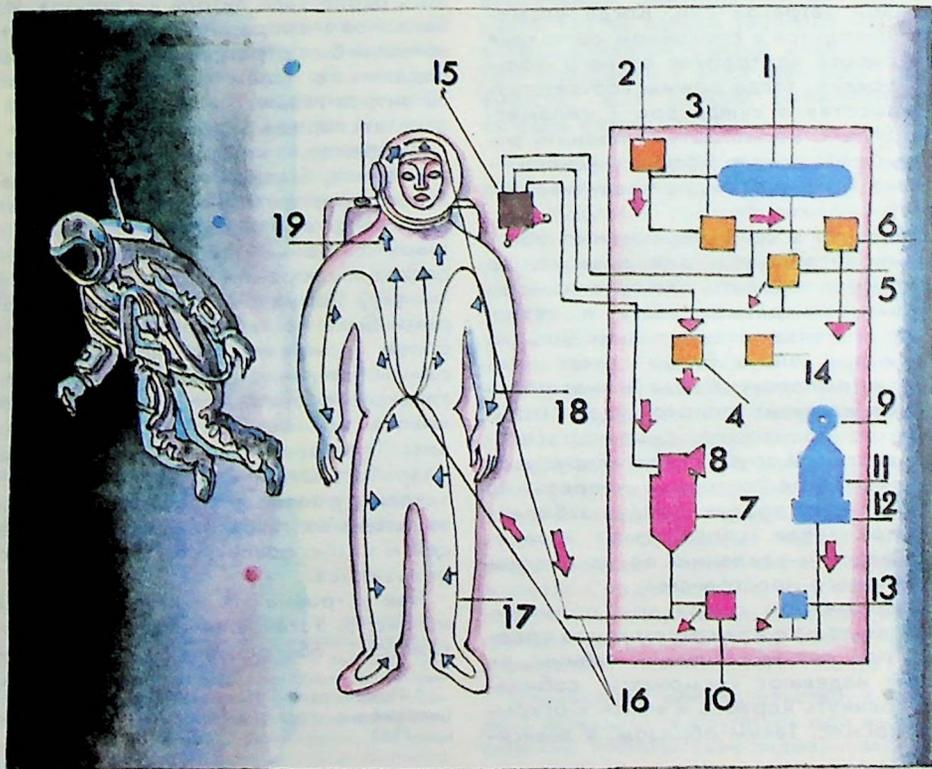
* Подробное об этом см.: Уманский С. П. Снаряжение космонавта. — М.: Машиностроение 1982.

кислорода между ранцем и скафандром. С помощью трубок вентилирующей системы кислород поступает ко всем частям тела: снимает тепло, способствует испарению и удалению влаги. Очистка газов (поглощение CO_2 и про-

чих примесей) происходит в специальном патроне аналогично тому, как это делается у всем нам известного противогаза. Еще одна особенность нового скафандра — это наличие холодильника. Принцип действия холодильника весьма прост: используется свойство воды кипеть в вакууме при температуре около 0°C . Изготовлен холодильник в виде бачка, имеющего примерно 3 литра воды. Запас кислорода находится в баллоне, где хранится под большим давлением.

Рис. 5. Схема устройства регенерационного скафандра: 1 — баллон с кислородом; 2 — манометр; 3 и 6 — редукторы; 4, 5, 10, 13 — датчики телеметрического контроля; 7 — регенерационный патрон; 8 — инжектор; 9 — центробежный вентилятор; 11 — теплообменник; 12 — влагоотделитель; 14 — блок измерительной аппаратуры; 15 — дистанционное управление; 16 — трубопроводы подачи газа в скафандр и забора из него; 17 — направление потока вентилирующего газа под оболочкой скафандра; 18 — шланг для вентиляции ног; 19 — шланг вентилирующей системы рук

Работа в современном скафандре требует значительных усилий. Будущее может подсказать, вероятно, и неожиданные решения. Почему бы не использовать, например, механические манипуляторы, управляемые био-



токами мышц человека. Между прочим, впервые подобные (биопротезы) были созданы в нашей стране.

КАК УСТРОЕН КОСМИЧЕСКИЙ КОРАБЛЬ

Если проследить за рядом величайших открытий, сделанных за всю многовековую историю человечества, то можно убедиться в том, что истина никогда не познавалась сразу. Шаг за шагом приближались ученые к открытию новых законов. У каждого великого творца можно было найти предшественников. Закон развития науки и техники — от простого к сложному. Именно таким образом мы получили электрическую лампочку, автомобиль, атомный двигатель. Созданные в нашей стране космические корабли в этом смысле были уникальными: никогда, никто, нигде не строил космических кораблей. Эскизные наброски К. Э. Циолковского, О. В. Кондратюка, Ф. А. Цандера не представляли большой практической ценности для конструкторов. Это был редкий случай в науке и технике, когда начинали с нуля.

Как устроен легендарный корабль «Восток», на котором впервые человек проник в космос?

Корабль «Восток» состоит из соединенных вместе спускаемого аппарата и приборного отсека; масса корабля 4730 килограммов. Спускаемый аппарат (кабина экипажа) выполнен в виде чуть скошенного шара диаметром 2,3 метра. В спускаемом аппарате установлены кресло космонавта, приборы управления, система жизнеобеспечения. Кресло расположено таким образом, чтобы возникающая при взлете и посадке перегрузка оказывала на космонавта наименьшее влияние. В кабине поддерживалось нормальное атмосферное давление и такой же, как на Земле, состав воздуха. Шлем скафандра был открыт, и космонавт дышал воздухом кабины. Но если случилась

бы беда и давление упало, то шлем автоматически закрылся бы и включилась система аварийной подачи кислорода.

Ракета-носитель вывела корабль на орбиту с максимальной высотой над поверхностью Земли 320 километров и минимальной — 180 километров. Такая орбита выбрана не случайно: на ней время существования космического аппарата не более 10 суток, что при отказе тормозной двигательной установки обеспечивало бы благополучное возвращение корабля на Землю. Чтобы начать движение по траектории спуска, корабль должен потерять лишь небольшую часть своей скорости (всего около 180 метров в секунду*). Встречный поток воздуха оказывает большое сопротивление движению. Трение о воздух сопровождается выделением тепла. Наружная поверхность нагревается до такой температуры, что самые тугоплавкие вещества начинают превращаться в газ.

Температура газов, непосредственно соприкасающихся со спускаемым аппаратом, достигает 7000°С, однако температура поверхности «жертвенного» слоя, из которого сделано защитное покрытие, всегда бывает меньше температуры газов, с которыми он соприкасается. В практике строительства космических аппаратов наибольшее распространение получили материалы с температурой сублимации 2500—3500°С. Основу этих материалов составляют так называемые эпоксидные или формальдегидные смолы. Толщина теплозащитного слоя не везде одинакова. Наибольшая толщина делается на лобовой поверхности. Достигает она 400 миллиметров, то есть почти полметра. Вот такую толщину теплозащитного материала должно пройти тепло, поступающее

* См.: Сыромятников В. Космические превращения // Авиация и космонавтика. — 1982. — № 9.

от раскаленных газов раньше, чем оно достигнет металлической оболочки космического корабля.

Расширились задачи космических полетов и соответственно совершенствовались космические корабли. 12 октября 1964 года сразу три человека поднялись в космос на корабле «Восход». Командир корабля Владимир Комаров, ученый, кандидат технических наук Константин Феоктистов и врач Борис Егоров. Новый корабль существенно отличался от кораблей «Восток». Он вмещал трех космонавтов, имел систему мягкой посадки, мог спускаться не только на сушу, но и приводняться. Космонавты находились в корабле в полетных костюмах без скафандров.

На базе корабля «Восход» создан корабль «Восход-2». Этот космический аппарат имел шлюзовую камеру для выхода из корабля в открытый космос. Полет корабля «Восход-2» состоялся в марте 1965 года, на его борту находился командир Павел Беляев и второй пилот Алексей Леонов. Первый выход человека позволил получить ценнейшую информацию для последующих экспедиций. Было доказано, что хорошо подготовленный космонавт в условиях открытого космоса может выполнять различные задания.

Новый космический корабль «Союз» состоял из орбитального отсека, где космонавты проводили научные исследования и отдыхали, спускаемого аппарата, в котором они находились в креслах во время выведения на орбиту и при возвращении на Землю, и приборно-агрегатного отсека с установленными в нем аппаратурой, оборудованием, двигательной установкой. Спускаемый аппарат имел специальную форму, наиболее выгодную с точки зрения спуска в атмосфере Земли. В нем установлены кресла космонавтов, радиоаппаратура, система жизнеобеспечения, аппаратура для активного управления полетом. Орбитальный

отсек, по форме близкий к шару, по сути своей — это лаборатория, где космонавты проводят научные исследования, а также едят, отдыхают. Если им надо выйти в открытый космос, орбитальный отсек использовался как шлюз; в нем был люк, который открывался автоматически и вручную*.

В жилых помещениях КК «Союз» с помощью генерационных патронов поддерживалась обычная кислородно-азотная атмосфера с давлением около 101,3 килопаскаля (760 миллиметров ртутного столба) с возможным увеличением процентного содержания кислорода по объему до 40% и понижением его давления до 69 килопаскалей (520 миллиметров ртутного столба). Стартовая масса корабля 6500—6800 килограммов (в том числе масса спускаемого аппарата при старте 2800 килограммов)**.

С учетом опыта эксплуатации КК «Союз» был создан новый усовершенствованный вариант «Союз Т». Он состоял из орбитального («бытового») отсека с агрегатом стыковки, спускаемого аппарата и приборно-агрегатного отсека новой конструкции. Стартовая масса корабля — 6850 килограммов, свободный объем жилых помещений — 6,5 кубических метров, расчетная продолжительность автономного полета — 4 суток (120 суток в составе орбитального комплекса). Перегрузки на участке спуска не более 3—4 единиц. Первый испытательный пилотируемый полет этого корабля, «Союз Т-2», (экипаж Юрий Малышев и Владимир Аксенов) со стыковкой со станцией «Салют-6» состоялся 5 июня 1980 года. На базе корабля «Союз» создан также грузовой корабль «Про-

* Об устройстве корабля «Союз» см.: Земля и Вселенная. — 1978, — № 5.

** Подробнее об устройстве космических кораблей см.: Бойков В. Н., Сыромятников В. Г. Космические корабли. — М.: Знание, 1985.

гресс», который запускается с помощью той же ракеты-носителя. В загруженном состоянии масса «Прогресса» 7 тонн. Корабль состоит из трех отсеков, внешне не отличающихся от отсеков «Союза». В грузовом отсеке размещаются сухие грузы и запасы воды (всего до 1,3 тонны), в нем обычный воздух при нормальном давлении. В негерметичном отсеке компонентов дозаправки установлены два бака с окислителем и два бака с горючим (баки вмещают до 1 тонны топлива), а также механизмы для перекачки содержимого баков в баки станции через два трубопровода. Корабль непилотируемый и на Землю не возвращается. После разгрузки космонавты заполняют его отходами и использованными материалами, которые затем сгорают в плотных слоях атмосферы при спуске вместе с кораблем.

В настоящее время в практике советской космонавтики используется транспортный космический корабль «Союз ТМ», который во многом отличается от своих предшественников, хотя внешне очень похож на них. Первый пилотируемый полет этого корабля, «Союз ТМ-2», начался 6 февраля 1987 года. Экипаж корабля состоял из командира Юрия Романенко и борт-инженера Александра Лавейкина, которые отправились в длительную экспедицию на орбитальную станцию «Мир». И в автономном полете, и в полете в составе орбитального комплекса новый космический корабль показал себя с самой хорошей стороны.

Орбитальные станции

ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЕ НА БОРТУ СТАНЦИИ

Космический корабль является транспортным средством, доставляющим на орбиту людей и различные грузы, в основном для работы в со-

ставе орбитальной космической станции (ОКС). Это специально созданное и соответствующим образом оборудованное сооружение или комплекс сооружений, расположенных на орбитах вокруг Земли (в перспективе и на других планетах, и в открытом космическом пространстве). ОКС может быть своеобразной лабораторией в космосе, на которой размещено различное оборудование для проведения наблюдений и исследования Земли с орбиты. Станция может служить базой, где будут заправляться топливом различные летательные аппараты, с нее может быть произведен запуск межпланетных кораблей, а к ней могут причаливать корабли, возвращающиеся из дальних странствий.

Радиация, вакуум, большой перепад температур, невесомость — вот далеко не полный перечень факторов, с которыми встретился человек при полете в космическом пространстве. Вакууму противопоставили герметичную кабину, в которой сохраняется земная атмосфера. От радиационных излучений космонавтов защищает атмосфера и магнитное поле Земли. Температурному перепаду тоже нашли противоядие: многослойную изоляцию из алюминиевой фольги. А вот какое действие на организм человека окажет длительное состояние невесомости — пока неясно. Если будущие исследования покажут, что человек может жить в этом новом для него существовании, то это решающим образом скажется на устройстве и внешнем облике орбитальных космических станций.

Дело в том, что если организм человека не может находиться в состоянии невесомости в течение длительного времени, то придется создать искусственное поле тяготения. Скажем, при помощи двигателя придавать вращение космическим объектам, тем самым создавая хотя бы частично «силу тяжести». На вращающейся станции

все предметы, находящиеся внутри нее под действием центробежной силы, будут прижиматься к наружной стенке, которую можно сделать полом. Такая искусственная «тяжесть» ничем не отличается от настоящей, а изменяя скорость вращения станции, можно увеличить или уменьшить «силу тяжести». Однако такой прием потребует дополнительного расхода энергии и, естественно, вызовет соответствующее конструктивное оформление ОКС. К. Э. Циолковский предложил создать искусственную силу тяжести еще в 1895 году, причем он не настаивал на точном воспроизводстве земной тяжести.

Человеку нужно в течение суток 1200 граммов кислорода, 600 граммов обезвоженных продуктов, 2200 граммов воды для питья и разбавления пищи, около 20 граммов соли, витаминов. При этом человек выделяет 1300 граммов углекислого газа, 1600 граммов жидкости с отходами, 500 граммов в виде пота, 300 граммов в процессе дыхания, а также 200 граммов твердых отходов. Кроме того, человеку нужно ежедневно не менее 2 килограммов воды для хозяйственных и санитарно-гигиенических нужд. Таким образом, самым массовым продуктом является вода — 4,2 килограмма в сутки. Нетрудно подсчитать, что экипажу из двух человек понадобится в течение месяца 252 килограмма воды, 36 килограммов обезвоженных продуктов питания. Ну а как быть, если полет продолжается более длительное время?

Проблему можно решить, если организовать на станции очистку воздуха и воды, а продукты питания и воду для питья доставлять с Земли грузовыми кораблями. На космических кораблях «Союз ТМ», как и на орбитальных станциях «Салют», для получения кислорода используются кислородсодержащие вещества, которые при взаимодействии с углекислым газом

и водой выделяют кислород. Каждый килограмм кислородсодержащего вещества (KO_2 или NaO_2) выделяет около 300 литров чистого кислорода. При таком способе углекислый газ связывается щелочью и хранится в виде балласта. Ученые работают и над другими способами получения кислорода.

Один из них предусматривает восстановление кислорода из выдыхаемого углекислого газа. При высоких температурах (примерно 300°C) водород способен вступать в реакцию с углекислым газом, отнимая от него кислород. Углекислый газ, взаимодействуя с водородом, восстанавливается сначала до окиси углерода (угарного газа), а водород окисляется до воды. Для того чтобы получить водород и кислород, воду разлагают электрическим током. Таким образом, процесс получения кислорода из углекислого газа состоит из двух стадий: сначала водород окисляется углекислым газом до воды, а затем вода разлагается на кислород и водород (рис. 6).

При температурах от 600 и до 760°C в присутствии катализатора углекислый газ вступает в реакцию с молекулярным водородом, образуя воду и углерод: $\text{CO}_2 + 2\text{H}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{C}$ (реакция Боша). В электролизе вода разлагается на водород и кислород: $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$. Но как извлечь углекислый газ из воздуха?

Для этого применяют так называемые молекулярные сита (их называют также цеолитами). Молекулярные сита имеют настолько малые отверстия — поры, что через них свободно проходят молекулы таких газов, как азот, кислород и т. п., а молекулы углекислого газа, большие по размеру, задерживаются.

Городские жители для питья пользуются водопроводной водой. Но поступающая в водопровод природная вода проходит предварительную очистку на специальных станциях. В сельской местности питьевую воду

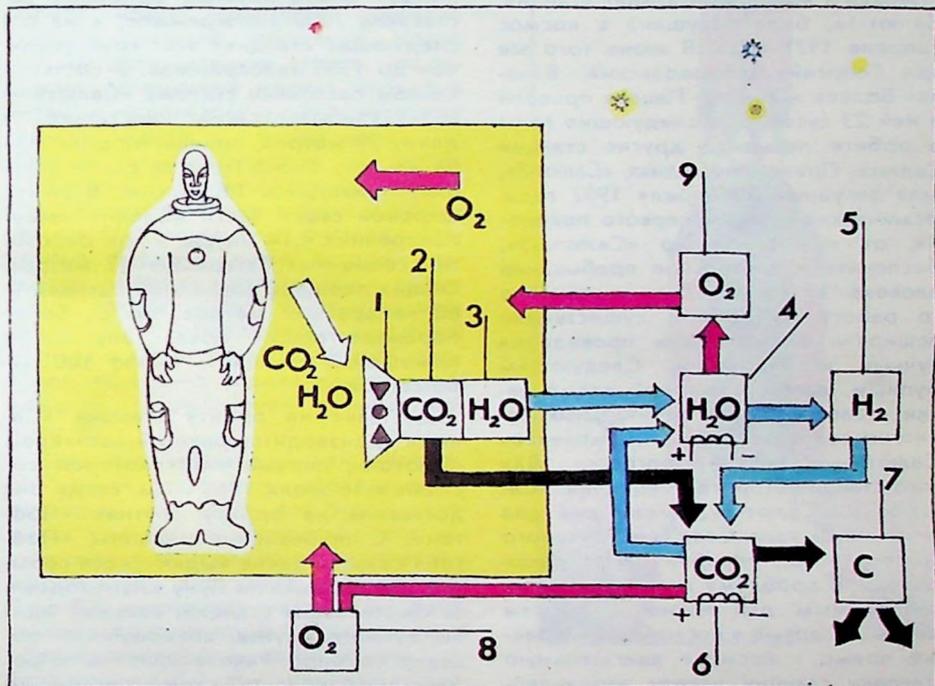
берут из колодцев. Воде, поступающей в колодец, пришлось просачиваться через толщу песка и других пород. Слои почвы служат естественным фильтром, в котором задерживаются загрязнения, попавшие в воду. Таким образом, в природе осуществляется кругооборот воды, при котором загрязненные стоки после естественной очистки снова используются для питья.

Однако не все отходы влаги нуждаются в одинаковой очистке. Проще всего превратить в питьевую воду вла-

гу, находящуюся в атмосфере, которая образуется при испарении пота и дыхании. В этой влаге сравнительно мало загрязнений. Более трудная задача — восстановить воду из мочи человека и довести ее до состояния, пригодного для питья. Существует много способов очистки (регенерации) воды из продуктов жизнедеятельности человека. Расскажем об одном из них, в котором используется кипячение. Образующиеся при кипячении пары направляются в холодильник, где они конденсируются. Полученный конденсат прогоняют еще через систему фильтров, после чего воду можно употреблять для приготовления пищи и питья.

Рис. 6. Возможная схема СЖО орбитальной станции: 1 — кабинный вентилятор; 2 — поглотитель углекислого газа; 3 — поглотитель влаги; 4 — электролизер; 5 — сборник водорода; 6 — каталитический реактор; 7 — сборник углерода; 8 и 9 — сборники кислорода

Сублимированию подвергаются не только натуральные продукты, но и такие блюда, как борщ, суп, куриный



бульон, антрекот, фарш колбасный, творожный крем, напитки — кофе и какао. Различные соки, хлеб столовый, рижский, бородинский, конфеты, цукаты и др. Всего даже и не перечислишь. Система питания космической станции — это не только пища, сюда относится холодильник, в котором хранятся продукты, подогреватели, наборы столовых принадлежностей, контейнеры для сбора и хранения остатков пищи. Паек каждого космонавта на одни сутки упакован в отдельном пакете. Энергетическая ценность (калорийность) суточного рациона примерно 12 600 килоджоулей (3000 калорий), масса около 1500 граммов.

СОВЕТСКИЕ ОКС «САЛЮТ» И «МИР»

Первая в мире орбитальная станция, «Салют-1», была запущена в космос в апреле 1971 года. В июне того же года Георгий Добровольский, Вячеслав Волков и Виктор Пацаев провели на ней 23 суток. В последующие годы на орбите побывали другие станции «Салют». Причем последняя, «Салют-7», была запущена 19 апреля 1982 года. Космические станции первого поколения, от «Салюта-1» до «Салюта-5», обеспечивали длительное пребывание человека в космосе, продуктивную его работу на орбите, существенно расширили возможности проведения научных исследований. Следующим крупным шагом советской космонавтики стало создание орбитальных научно-исследовательских комплексов «Салют» — «Союз» — «Прогресс». Для этого станции второго поколения, «Салют-6» и «Салют-7», имели уже два стыковочных узла. Создание грузового транспортно-ремонтного корабля «Прогресс» разрешило проблему снабжения всем необходимым для жизни и работы экипажа. Впервые в космической практике прямо в космосе двигательную установку станции начали заправлять

топливом, доставляемым с Земли кораблем «Прогресс».

Станция «Салют-6» проработала в космосе около 5 лет, на ней побывало 5 основных экспедиций и 11 экспедиций посещения, в том числе 8 международных — с участием космонавтов из социалистических республик. На станцию «Салют-7» было совершено 4 основные экспедиции и 5 экспедиций посещения, в том числе 2 международных — с космонавтами из Франции и Индии, а также первый экипаж, в который входила женщина-космонавт Светлана Савицкая.

Коротко о внешних характеристиках этого орбитального комплекса. Общая масса системы «Салют» — «Союз» — «Прогресс» 32 500 килограммов, причем на долю «Салюта» приходится почти 19 тонн. Уже на первом из «Салютов» масса научных приборов составляла 1200 килограммов, а на последующих станциях этот груз увеличен до 1500 килограммов. В стыкованном состоянии система «Салют» — «Союз» — «Прогресс» достигает в длину 29 метров, причем на долю орбитального блока (то есть самой станции) приходится 15 метров. В самой широкой своей части «Салют» имеет поперечник 4,14 метра, а при раскрытых солнечных батареях — 17 метров. Общая площадь солнечных батарей — 60 квадратных метров. Но особенно поражает общий объем внутренних помещений станции — около 100 кубометров.

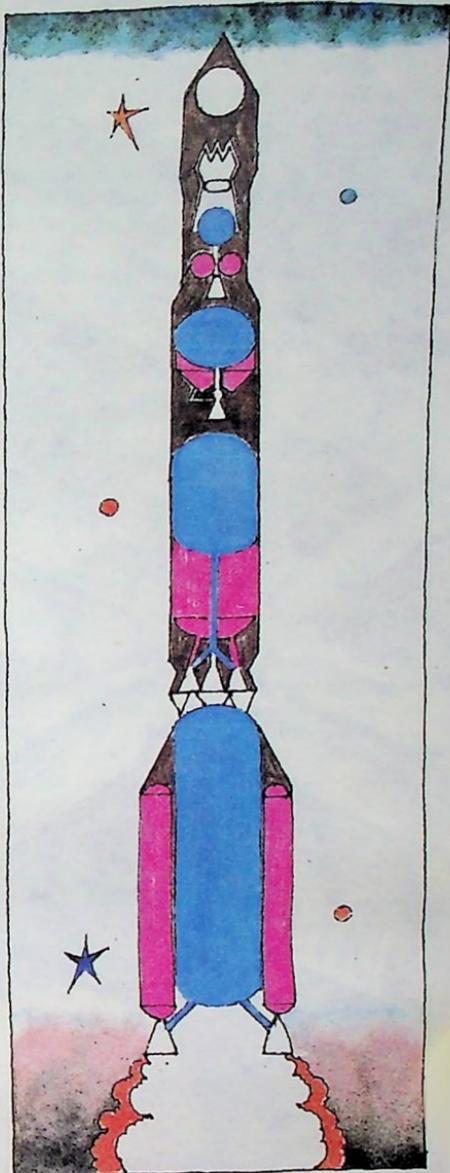
Доставка на орбиту станции «Салют» производится ракетой-носителем «Протон», первый старт которой состоялся 16 июля 1965 года, когда она доставила на орбиту спутник «Протон». С применением ракеты «Протон» связаны такие выдающиеся события, как посылка на Луну «Луноходов», автоматических станций, взывших пробы лунного грунта, совершивших посадку на Марс. Ракета-носитель «Протон» выполнена по схеме тандем, то

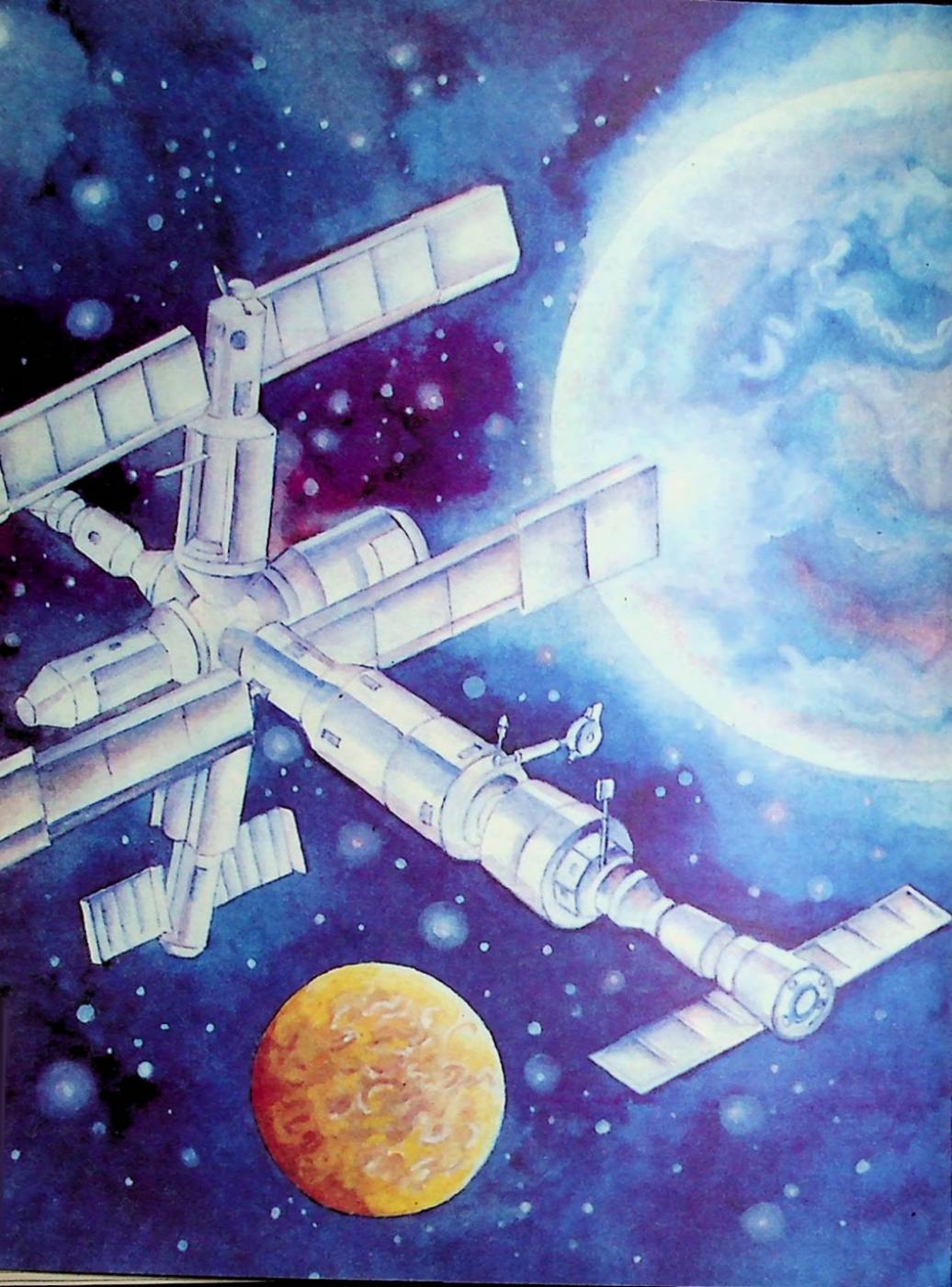
Рис. 7. Ракета-носитель «Протон»

есть с поперечным делением ступеней. На всех ступенях РН установлены однокамерные ЖРД. Топливо двухкомпонентное (окислитель — четырехокись азота, горючее — несимметричный диметилгидразин). На первой ступени установлено 6 однокамерных ЖРД РД-253 с общей тягой около 9 меганьютон, на второй ступени — 4 однокамерных ЖРД с тягой каждого 0,6 меганьютон, на третьей ступени — один такой же ЖРД и рулевой ЖРД с тягой около 30 килоньютон, который имеет 4 поворотные камеры, обеспечивающие управление направлением полета ступени и ее положением (рис. 7).

В феврале 1986 года ракета-носитель «Протон» вывела на космическую орбиту новую советскую научную станцию третьего поколения. Новой станции дали название «Мир», что отражает стремление нашего народа к миру, к использованию космической техники только в мирных целях. По виду ее легко отличить от «Салют-6» и «Салют-7». Новый переходный отсек с 5 стыковочными узлами, 2 увеличенные (сейчас их 3) по площади солнечные батареи, чаша остронаправленной антенны радиосистемы связи. Всего «Мир» имеет 6 стыковочных узлов, что позволяет, кроме кораблей «Союз» и «Прогресс», пристыковывать к ней еще 4—5 специализированных модулей с различной аппаратурой (рис. 8).

Первый из таких модулей, «Квант», по своей основной специальности астрофизический. На его борту находится уникальная аппаратура для исследования рентгеновских источников в широчайшем диапазоне энергий — от 2 до 800 килоэлектронвольт. Вся рентгеновская аппаратура объединена в общий комплекс — орбитальную обсерваторию «Рентген». На модуле ус-





тановлен также ультрафиолетовый телескоп «Глазар», который предназначен прежде всего для исследования активности квазаров и ядер галактик. Астрофизический модуль «Квант» выведен на околоземную орбиту 31 марта 1987 года с помощью ракеты «Протон». Стыковка с комплексом «Мир» осуществлена 12 апреля 1987 г. В результате на околоземной орбите был образован пилотируемый космический комплекс: «Мир» — «Квант» — «Союз ТМ» общей массой 51 тонна и длиной 35 метров*.

29 декабря космонавты Юрий Романенко и Александр Александров (вместе с Анатолием Левченко) вернулись на землю. При этом Юрий Романенко установил новый абсолютный рекорд продолжительности космического полета — 326 суток. Работу на орбите продолжили Владимир Титов и Муса Манаров.

В начале этого раздела мы уже говорили о назначении орбитальных космических станций. Здесь можно еще отметить, что по мере развития космической техники роль ОКС значительно возрастет. К станции пристроятся новые секции (модули), в которых будет налажено производство материалов, требующих для своего изготовления вакуума, невесомости, значительного количества энергии. На станциях могут проживать десятки специалистов. Так, например, в США к решению этой проблемы привлечены ведущие концерны и фирмы.

На рис. 9 показан один из вариантов станции, разрабатываемой в США при участии некоторых европейских стран, Канады и Япо-

нии*. Эксплуатацию станции предполагается осуществить в начале будущего века. Число членов экипажа 10—27 человек. Объем герметизированных отсеков в течение 10 лет может увеличиться от 169 до 405 кубических метров. Основные несущие элементы системы образуют прямоугольную конфигурацию 94,5 × 45,7 метров. В жилых помещениях давление и содержание кислорода не будут отличаться от атмосферного на уровне Земли, система жизнеобеспечения приведет очистку воды и углекислого газа. В настоящее время проект этой ОКС утвержден. Также более упрощенные ОКС с началом эксплуатации в следующем веке разрабатываются в Японии и Европейским космическим агентством (ЕКА).

Авиация на пороге космоса

АВИАЦИЯ НАЧИНАЕТСЯ С КРЫЛА

Любая современная ракета с ее мощными двигателями и многочисленными сложными системами служит только 1 раз. Произведен запуск, и удалось или нет вывести полезный груз на орбиту — все равно ракета гибнет. Разумеется, положение улучшилось, если бы удалось создать ракету, пригодную для повторного пуска. Для этого нужно обеспечить возврат ступеней ракеты на Землю без сколько-нибудь серьезных повреждений.

Как же этого можно добиться?

Изучаются разные пути. Можно спускать отработанные ступени на Землю на парашютах, причем лучше на воду, в океан. А может, вместо парашюта использовать специальное надувное устройство — планирующее

* Подробнее об этом см.: Современные достижения космонавтики. — М.: Знание, 1987.

* Подробнее об этом см.: Аэрокосмическая техника. — 1987. — № 4.



3. Проект орбитальной станции, разработанный в США (эксплуатация станции намечается в начале будущего века)

было пароплан? Или тормозные ракетные двигатели?

Но пожалуй, перспективен другой путь. Кстати, он уже проверен практикой. Речь идет о создании крылатой ракеты. Именно крыло, основа всей современной авиации, в ближайшем будущем станет не только необходимым, но и выгодным для космических ракет. Создать крылатую ракету нужных размеров — дело непростое. Но зато какая цель! Мало того, что зато можно было бы совершать с аэродромов, но и на аэродром можно сделать безопасную посадку, используя возможности планирующего крыла. Затем снова и снова проводить подобные старты и посадки. Расчеты показывают, что крылатые носители выгоднее существующих, ведь при полете в атмосфере ракета опирается уже не на реактивную струю двигателя, а на крыло, создающее подъемную силу.

Вспомните старт космической ракеты. Как бы опираясь на столбы огня и газов, медленно уходит ввысь гигантская сигара. Прямо-таки физически ощущаешь ее чудовищную массу. Один за другим отделяются цилиндры ступеней-ускорителей, устремляются к Земле и гибнут, превращаясь в бесформенное нагромождение металлолома. Представьте теперь, что пассажирский самолет строился бы только для одного рейса. Невероятно, а вот ракеты строятся только для одного полета, и поэтому вывод на орбиту каждого космического объекта стоит очень дорого. Особенно ощутимы преимущества многоразовых транспортных средств (МТКС) будут в обозримом будущем, когда количество грузов, доставляемых на орбиту, достигнет многих десятков и сотен тысяч

тонн. Но прежде чем перейти к рассмотрению возможных схем МТКС, ознакомим наших читателей с устройством воздушно-реактивных двигателей, особенностями их эксплуатации.

ВОЗДУШНО-РЕАКТИВНЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Теория воздушно-реактивных двигателей основана на фундаментальной работе Б. С. Стечкина «Теория воздушно-реактивного двигателя», которую этот выдающийся ученый, ставший впоследствии академиком, опубликовал в 1929 году*. Мы начнем их описание с турбореактивных двигателей, затем рассмотрим двухконтурные, закончим обзор прямоточными и трубопрямоточными двигателями.

Турбореактивные двигатели. Турбореактивные двигатели за сравнительно короткий период развития достигли большого совершенства. Существенное повышение экономичности и тяги турбореактивных двигателей достигается применением для сжатия воздуха компрессора, приводимого во вращение турбиной. Турбореактивный двигатель состоит из входного устройства компрессора, камеры сгорания, газовой турбины и выходного сопла. Атмосферный воздух поступает во входное устройство, где происходит его наибольшее сжатие от сорокостного напора. Затем поток воздуха направляется в компрессор, в котором давление еще больше увеличивается.

Из компрессора сжатый воздух устремляется в камеру сгорания, куда через форсунки впрыскивается мелко-распыленное горючее. В результате смешения воздуха и горючего получается топливоздушная смесь, которая, сгорая, образует рабочее тело —

* См.: Стечкин Б. С. Теория воздушного реактивного двигателя // Техника воздушного флота. — 1929. — № 2.

горячие газы. Выходя из камеры сгорания, газы приводят во вращение турбину, а турбина — компрессор, затем с большой скоростью выходят из реактивного сопла; при этом и образуется сила тяги. Наиболее простым методом повышения тяги турбореактивного двигателя является увеличение расхода воздуха, проходящего через двигатель. Однако это требует увеличения размеров, а следовательно, и веса двигателя.

Другим способом повышения тяги является увеличение скорости газов на выходе из двигателя. Достигается это за счет сжигания горючего в специальных устройствах, называемых форсажными камерами. Современные турбореактивные двигатели, устанавливаемые на сверхзвуковых самолетах, снабжены форсажными камерами.

Важными показателями, характеризующими работу этих двигателей, являются **удельный расход топлива, удельный вес двигателя**. Удельным расходом топлива называется отношение часового расхода топлива к тяге двигателя; он характеризует экономичность двигателя: чем она меньше, тем более экономичен двигатель. Удельный расход топлива при полете на крейсерском режиме составляет 0,7—0,8 килограмма на килограмм-силу тяги в час. Удельным весом двигателя называется отношение веса двигателя к развиваемой им тяге при работе на месте. Он характеризует силовую установку в весовом отношении. Удельный вес современных турбореактивных двигателей составляет примерно 0,16 килограмма на килограмм-силу тяги. Тяга турбореактивных двигателей зависит от числа оборотов: наибольшая величина тяги достигается на максимальных оборотах двигателя.

Однако пока скорость вращения ротора не достигла 1000 оборотов в минуту, мощность турбины настолько мала, что ее не хватает для привода ком-

прессора, и двигатель работать не может. Чтобы запустить двигатель и раскрутить ротор до оборотов, обеспечивающих самостоятельную работу двигателя, применяются небольшие вспомогательные стартеры. Так что у турбореактивного двигателя не только одни преимущества, но есть и недостатки, некоторые весьма существенные. Дело в том, что турбореактивный двигатель может обеспечить полет до скорости примерно километр в секунду (около 3 М). Выше этих скоростей он неприменим. Почему?

Турбореактивный двигатель выгоден в диапазоне скоростей полета, при которых давление поступающего в двигатель воздуха меньше давления газа за турбиной. Если же давления равны, то компрессор становится ненужным. В этом случае можно прямо из заборника направлять воздух в камеру сгорания двигателя. Равные давления достигаются как раз при скорости полета около 3 М*.

Советские инженеры и конструкторы оснащают нашу авиацию отличными турбореактивными двигателями. Коллективы инженеров и рабочих под руководством выдающихся конструкторов С. К. Туманского, А. М. Люлька, А. А. Микулина, Н. Г. Кузнецова, А. Г. Ивченко и других создали много совершенных двигателей. В последнее время все более широкое применение находят двухконтурные, или, как их часто называют, турбовентиляторные воздушно-реактивные двигатели.

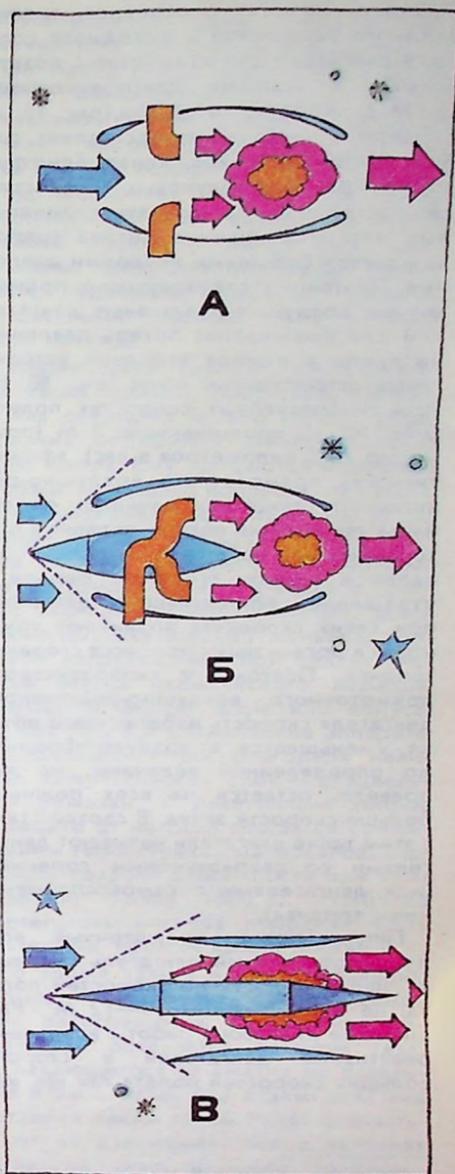
* Скорость полета характеризуется также числом $M = \frac{V}{a}$, где V — скорость полета, а — скорость звука. Можно записать $V = M \cdot a$. Таким образом, при скорости полета, равной 3 М, она в 3 раза превышает скорость звука. Скорость же звука определяется зависимостью $a = 20 \sqrt{T}$. В частности, у Земли при $T = 288$ К (15°С), $a = 340$ метров в секунду (1224 километра в час), на высоте 12 километров при температуре 220 К (—53°С), $a = 300$ метров в секунду (1100 километров в час).

Рис. 10. Прямоточные воздушно-реактивные двигатели; А — для дозвуковых и малых сверхзвуковых скоростей полета; Б — для сверхзвуковых скоростей полета (до 2 км/с); В — для гиперзвуковых скоростей полета (более км/с)

По своим характеристикам они занимают промежуточное положение между турбовинтовыми и турбореактивными. Как и в турбореактивном двигателе, тяга создается струей газов, вырывающихся из сопла. Здесь действует тот же «маршрут» движения газов: воздухозаборник — компрессор — камера сгорания — турбина — сопло. Но есть и второй, внешний, контур — туннель, по которому воздух засасывается через воздухозаборник вентилятором и выбрасывается через сопло. Вентилятор-диск с лопатками-лопастями насаживается на вал компрессора или турбины. Он играет роль воздушного винта небольшого диаметра, вращающегося с большим числом оборотов внутри кожуха двигателя.

Автором двухконтурного двигателя является А. М. Люлька. Об этом факте красноречиво свидетельствует выданное ему авторское свидетельство от 22 апреля 1941 года.

Прямоточные воздушно-реактивные двигатели (ПВРД). При полете самолета с прямоточным воздушно-реактивным двигателем встречный поток воздуха, набегаящий на двигатель, тормозится перед входом в него и во входном устройстве (диффузоре), за счет чего и происходит повышение давления воздуха, необходимое для осуществления горения. Величина повышения давления в двигателе зависит от скорости полета. На рис. 10 приведены схемы прямоточных воздушно-реактивных двигателей для самолетов с дозвуковыми и сверхзвуковыми скоростями полета*.



* См.: Пономарев А. Н. Авиация на пороге в космос.— М.: Воениздат, 1971.

Они отличаются в основном типом входного устройства и выходного сопла. У двигателя для самолетов с дозвуковыми и малыми сверхзвуковыми (до М=2) скоростями полета (рис. 10, а) входное устройство представляет собой расширяющийся канал (диффузор). При сверхзвуковых скоростях самолета, если не принять специальных мер, торможение потока сопровождается большими потерями давления. Поэтому у сверхзвуковых прямоточных воздушно-реактивных двигателей для уменьшения потерь давления на входе в камеру сгорания устраивается остроконечный конус (рис. 10, б). При гиперзвуковых скоростях полета (рис. 10, в), превышающих 7 М (примерно 7500 километров в час), эффективность прямоточного воздушно-реактивного двигателя начинает падать из-за увеличения потери давления при торможении воздушного потока на входе в камеру сгорания. Наряду с ухудшением эффективности двигателя при таких скоростях возникают трудности в организации процесса сгорания топлива. Поэтому у гиперзвукового прямоточного воздушно-реактивного двигателя скорость избегающего потока уменьшается в воздухозаборнике до определенной величины, но как правило, остается на всех режимах больше скорости звука. В соответствии с этим такие двигатели называют двигателями со сверхзвуковым горением (или двигателями с самовоспламенением топлива).

Гиперзвуковой прямоточный воздушно-реактивный двигатель сохраняет эффективность до скоростей полета, не превышающих 10—12 М*. Расширение диапазона работы воздушно-реактивных двигателей в сторону больших скоростей полета так же, как

и улучшение их экономических характеристик, в настоящее время обоснованно связывается с использованием криогенных топлив, прежде всего водорода, и созданием оптимального воздухозаборника.

Краткие характеристики некоторых криогенных топлив (водорода и метана) и керосина приведены в табл. 5. Приведенные данные позволяют оценить целесообразность применения криогенных топлив в силовых установках летательных аппаратов. Так, например, увеличение массовой теплоотворной способности в 2,8 раза при переходе от керосина к водороду обуславливает примерно пропорциональное уменьшение удельных расходов топлива, но одновременно требует примерно в 4,15 раза увеличения емкости бака. Естественно, бак большей емкости будет и более тяжелым.

Таблица 5

Показатели	Обозначения	Керосин	Метан	Водород
Массовая теплоотворная способность	кДж/кг ккал/кг	42 850 10 000	50 000 12 000	120 000 28 600
Плотность жидкости при давлении 98 кПа (735 мм рт. ст.), Дм	кг/м ³	820	424	70,9
Объемная теплоотворная способность	кДж/м ³ ккал/м ³	352·10 ⁵ 82·10 ⁵	212·10 ⁵ 50·10 ⁵	85·10 ⁵ 20·10 ⁵
Температура кипения при давлении 98 кПа	К	430	116,6	20,43

Турбопрямоточные двигатели. Мы уже знаем, что прямоточный воздушно-реактивный двигатель, будучи эффективным при больших скоростях полета, не может самостоятельно стартовать и разогнаться. Турбореактивный двигатель, наоборот, при разгоне развивает хорошую тягу. Поэтому возникла мысль объединить двигатели обоих типов в одной силовой установке. Двигатель, в котором органически объединяются оба типа воздушно-реактивных двигателей, получил название турбопрямоточного двигателя. На взлете и разгоне он работает, как тур-

* См.: Курзинер Р. И. Реактивные двигатели для больших сверхзвуковых скоростей полета.— М.: Машиностроение, 1977.

бореактивный, но при скорости полета более 1 километра в секунду (около 3 М) переходит на работу по схеме проточного двигателя.

КАКОЙ МОЖЕТ БЫТЬ КОСМИЧЕСКАЯ АВИАЦИЯ

В настоящее время во многих странах обсуждаются различные варианты многоразовых транспортных космических систем (МТКС), способных доставить на орбиту грузы массой до 100 тонн и более. Сегодня еще нет окончательных конструктивных решений и бесспорных суждений относительно того, какими должны быть МТКС. Идет трудный и интересный процесс научно-технического поиска в области создания новых типов летательных аппаратов, и только опыт, накопленный в процессе их эксплуатации, позволит выбрать наиболее оптимальный вариант.

Каковы наиболее важные преимущества МТКС перед ракетами-носителями, выполняющими практически те же задачи?

Для ответа на этот вопрос рассмотрим, как изменяется расход топлива в процессе разгона до орбитальной скорости при ракетном и самолетном стартах. Оказывается, что разгон до одной и той же скорости этими двумя способами требует разного количества топлива. Например, для разгона трехступенчатой ракеты до скорости, равной 30% орбитальной, требуется топлива, составляющего 50% стартовой массы ракетной системы, а до орбитальной скорости — более 85% стартовой массы. Разгон с помощью космического самолета до 30% орбитальной скорости требует расхода топлива, масса которого — всего 7% стартовой массы, а до орбитальной скорости — 65% этой массы. Как видим, разница в расходе топлива весьма существенная.

Указанные преимущества самолетного старта по сравнению с ракетным

обусловлены главным образом экономичностью применяемых двигателей. При ракетном старте используются ЖРД, экономичность которых относительно низкая. Даже применение таких высокоэффективных топлив, как жидкий водород и жидкий кислород, позволяет получить удельный импульс 420—450 секунд. На космическом самолете могут быть применены воздушно-реактивные двигатели, удельный импульс которых существенно больше (4000 и даже 5000 секунд).

Космический самолет мало похож на своих земных собратьев. Общим у них останется только способ образования подъемной силы — с помощью крыла. Ему придадутся угловатые формы «несущего корпуса», при которых фюзеляж будет обладать подъемной силой и разгрузит крыло. Особые заботы вызывает значительный нагрев ракетоплана при входе в плотные слои атмосферы. Конечно, здесь возникают значительно меньшие тепловые нагрузки, чем при баллистическом спуске космического корабля, имеющего форму шара или конуса. До сих пор все космические аппараты выдерживали спуск благодаря наличию «жертвенного» слоя — специальной обшивки. У ракетоплана вопрос о защите от нагрева решается применением теплоустойчивых материалов, способных сохранить прочность при температуре более 1500°С. Наиболее подвержены нагреву передняя часть фюзеляжа, кромки крыла и киля.

Во время взлета и при пробивании плотных слоев воздуха обшивка самолета разогревается. Раскаленная поверхность обтекает потоком газа распадающегося от сжатия на отдельные атомы. Ясно, что взаимодействие металла с таким газом будет отличаться от их взаимодействия в условиях обтекания тела обычным воздухом. Еще более необычной будет для материалов окружающая среда в мо-

мент обратного входа аппарата в атмосферу Земли. В результате торможения большая часть энергии его движения перейдет в тепло. Молекулы воздуха в пограничном слое разрушатся, а осколки (электроны, ионы и ядра атомов) образуют плазму. Соприкасаясь с поверхностью, плазма чрезвычайно сильно нагреет его стенки. Самолет на некоторое время окажется в своеобразном раскаленном мешке. Даже короткое пребывание в нем оставит на летательном аппарате глубокие следы.

Требования к системе теплозащиты космического самолета весьма высоки. Необходимо обеспечить не только допустимый нагрев поверхности, но и герметизацию щелей между крылом и элеронами, килем и рулем направления, поскольку возникающие в этих зонах вихри могут вызвать интенсивный местный нагрев. Алюминий плавится при температуре около 660°C теряет прочность при температуре значительно ниже этого уровня. Все тугоплавкие металлы имеют существенный недостаток: при высоких температурах они начинают быстро разрушаться в результате окисления. Значительной тугоплавкостью обладают соединения металлов с углеродом, называемые карбидами. Карбид ниобия плавится при 3500°C , а тантала — при 4150°C .

Материалы для теплозащитного покрытия, кроме тугоплавкости, должны обладать рядом других качеств, прежде всего пластичностью. Именно благодаря пластичности изделие не разрушается при тепловом ударе, то есть при сверхбыстром нагреве, в момент входа летательного аппарата в атмосферу Земли. Поставленным требованиям может удовлетворить теплозащитное покрытие, изготовленное из плиток, содержащих кварцевое волокно, к которому добавляются связующие вещества. Пустоты занимают до 90% объема плитки, и только 10%

приходится на материал. Плотность подобного покрытия не превышает 150—350 килограммов на кубометр. Толщина плиток в зависимости от нагрева тех мест, где они устанавливаются, составляет 3—12 сантиметров. Масса теплозащитного покрытия — несколько тонн. Очевидно, что это одна из сложнейших проблем, которую необходимо решить ученым и инженерам.

Большое внимание должно быть уделено обеспечению безопасности полетов. В случае разгерметизации кабины при взлете космонавты воспользуются скафандрами. Спасение на орбите будет необходимо только в том случае, когда орбитальный аппарат выйдет из строя и не сможет обеспечить возвращение экипажа на Землю. Тогда взлетит второй (спасательный) космический самолет, который встретится с вышедшим из строя и примет на борт членов его экипажа.

Наряду с дальнейшим повышением характеристик ЖРД на кислородно-водородном топливе в последнее время внимание уделяется исследованию двухтопливных двигательных установок. В двухтопливной двигательной установке предполагается использовать при одном окислителе (кислороде) два типа горючих — углеводородное (керосин) и водород. Такая комбинация позволит реализовать преимущества углеводородного горючего (большая плотность и соответственно малый объем) и преимущества водорода — высокий удельный импульс.

Рассмотрим теперь МТКС, которые подразделяются на частично спасаемые, одноступенчатые и двухступенчатые. История их создания говорит о том, что разработка МТКС занимает около 10 лет, и еще 5—7 лет требуется для изготовления первого образца и начала эксплуатации. Таким образом, процесс создания и испытания космических аппаратов длится 15—17 лет.

Частично спасаемые МТКС. Характерным представителем этой группы летательных аппаратов является построенный в США космический самолет по программе «Спейс шаттл» (от английского «Космический челнок»). МТКС «Спейс шаттл» предназначена для доставки на околоземную орбиту космических аппаратов различного назначения, проведения на орбите научных исследований, технических экспериментов (в том числе военного характера), обслуживания космических аппаратов, находящихся на орбите высотой 200—500 километров, доставки на Землю результатов исследований с борта этих объектов, а также самих космических аппаратов с целью ремонта или модификации и последующего повторного вывода на орбиту (рис. 11). В своем составе МТКС «Спейс шаттл» может иметь межорбитальные буксировщики, переводящие полезный груз с орбиты космического самолета на более высокую, вплоть до геостационарной, или на межпланетную (лунную) траекторию.

Номинальная длительность орбитального полета 7 суток, а при наличии дополнительных запасов расходных материалов она увеличивается до 30 суток, численность экипажа до 7 человек. Экипаж совершает полет без скафандров (за исключением выхода в открытый космос). Перегрузка на всех участках полета не превышает 3 единиц.

Основная двигательная установка МТКС «Спейс шаттл» состоит из 3 кислородно-водородных ЖРД. Максимальная продолжительность непрерывной работы — 8 минут, общий ресурс — 7,5 часа. Имеются также 2 ЖРД для маневров на орбите тягой по 27 килоньютон (2,7 тонны-силы), работающих на четырехокиси азота и монометилгидразине, и 44 ЖРД ориентации тягой по 3,9 или 0,11 килоньютон (390 или 11 килограмм-силы),

работающих на том же топливе. ЖРД маневрирования обеспечивают доведение ступени на орбиту после отделения центрального топливного бака, коррекции орбиты, сближения с другими орбитальными объектами и торможения для схода с орбиты*.

При взлете работают двигатели, установленные на космическом самолете и стартовых ракетах. После того как горячее в ракетах сгорит, они сбрасываются. На заданной высоте срабатывает автомат, и над падающей ракетой откроется купол парашюта. Скорость падения резко уменьшается, и она приводнится в океане. Корабли спасательной службы вытаскивают ракеты из воды и доставят на завод, где они будут частично восстановлены и для дальнейшего применения. Внешний бак не спасается: после отделения он совершает беспорядочное падение и разрушается.

Масса всей МТКС («Спейс шаттл») 2040 тонн. Космический самолет может доставить на орбиту полезную нагрузку в 29,5 тонны, а масса его самого (без топлива) 68,04 тонны. Стоимость запуска космического аппарата с помощью МТКС «Спейс шаттл» составляет сейчас около 300 миллионов долларов**. Таким образом, удельная стоимость за 1 килограмм доставленного на орбиту груза более 8000 долларов. Причем только 12% суммарных затрат составляют амортизационные отчисления на космический самолет и двигательную установку, а остальные составляющие распределены следующим образом: амортизационные отчисления на РДТТ — 24%, одноразовые элементы — 22, эксплуатационные расходы — 42%.

В 1985 году было проведено 9 по-

* См.: Елисеев А. С. Техника космических полетов.— М.: Машиностроение, 1983.

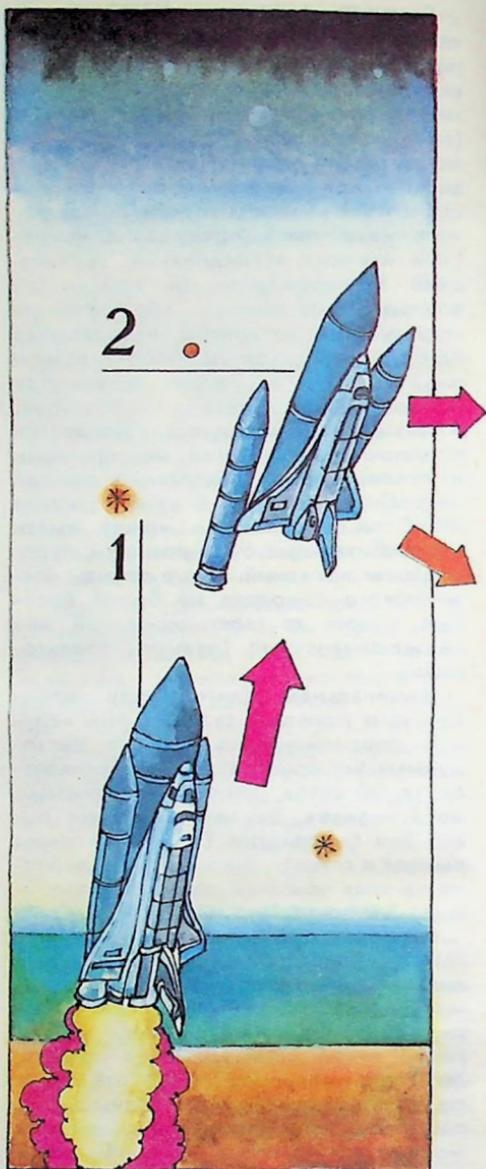
** Подробнее см.: Ермаков Е. Космические скачки//Авиация и космонавтика.— 1986.

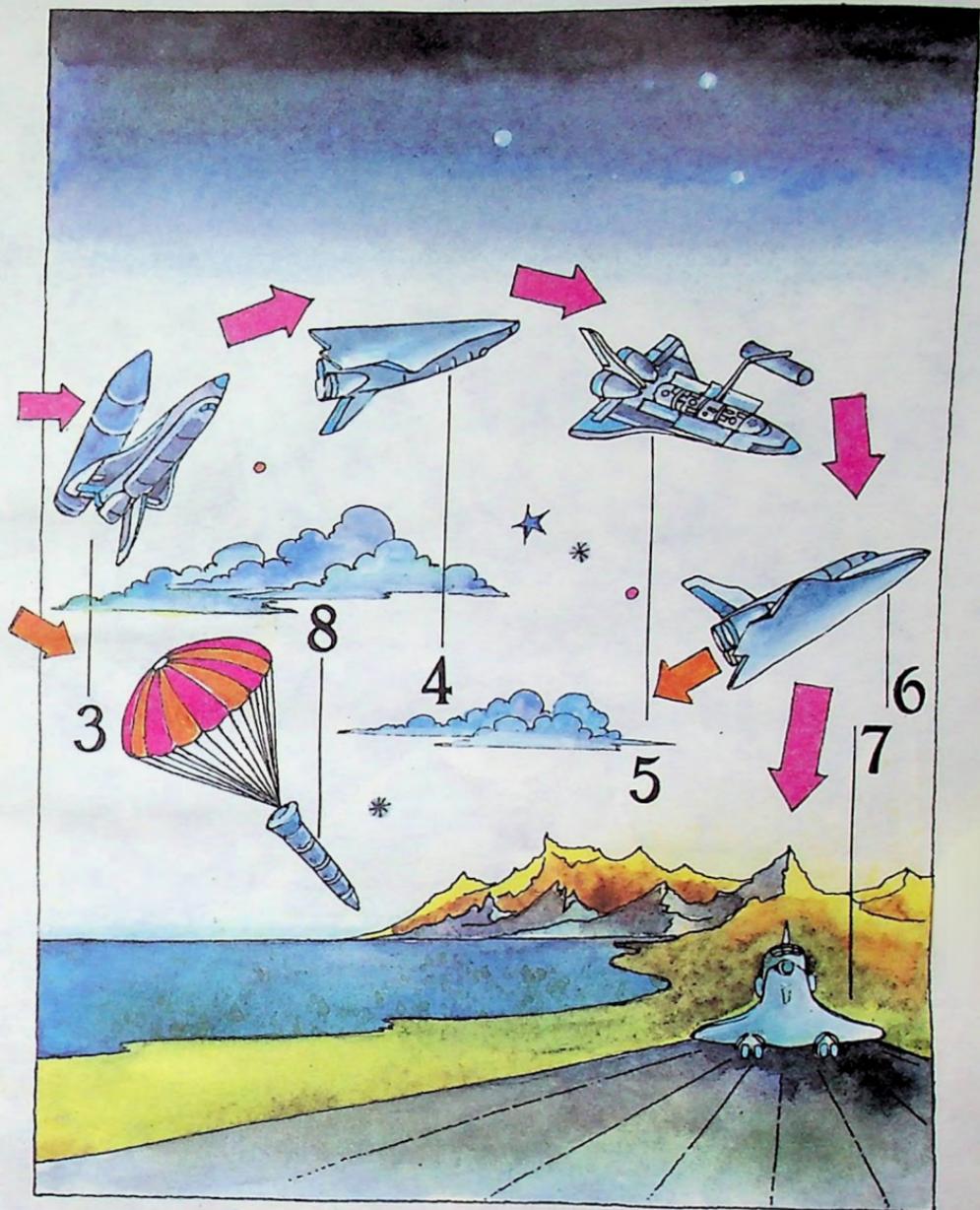
Рис. 11. Частично спасаемая МТКС «Спейс шаттл»: 1 — на стартовой позиции; 2 — отделение твердотопливных ускорителей; 3 — отделение центрального бака; 4 — конец участка выведения; 5 — отделение полезного груза; 6 — торможение и спуск; 7 — посадка; 8 — приведение пороховых ускорителей

летов по программе «Спейс шаттл», в 1986 предполагалось выполнить 15 полетов. Однако гибель 7 астронавтов в результате аварии, произошедшей при взлете космического самолета «Челленджер» в январе 1986 года, показала настоятельную необходимость прекращения полетов и основательной доработки всей МТКС «Спейс шаттл».

В нашей стране 15 мая 1987 года состоялся первый запуск мощной универсальной ракеты-носителя «Энергия», предназначенной для выведения как многоразовых космических самолетов, так и крупногабаритных космических аппаратов научного и народнохозяйственного назначения. Первые испытания универсальной ракеты, являющейся основным звеном МТКС, создаваемой в СССР, а также уникального стартового комплекса завершились полным успехом. После окончания работы ЖРД первой ступени произошли ее отделение и приземление в расчетном районе на территории СССР. Вторая ступень продолжила работу в строгом соответствии с полетным заданием. После разделения с габарито-весовым макетом спутника вторая ступень приводнилась в заданном районе акватории Тихого океана.

Двухступенчатая тяжелая ракета-носитель «Энергия» высотой около 60 метров выполнена по схеме «Пакет» с боковым размещением выводимого полезного груза. Ее первая ступень состоит из 4 боковых блоков-ускорителей, вторая — представляет собой центральный блок длиной около 60 метров и диаметром около 8 метров. ЖРД первой ступени — самые





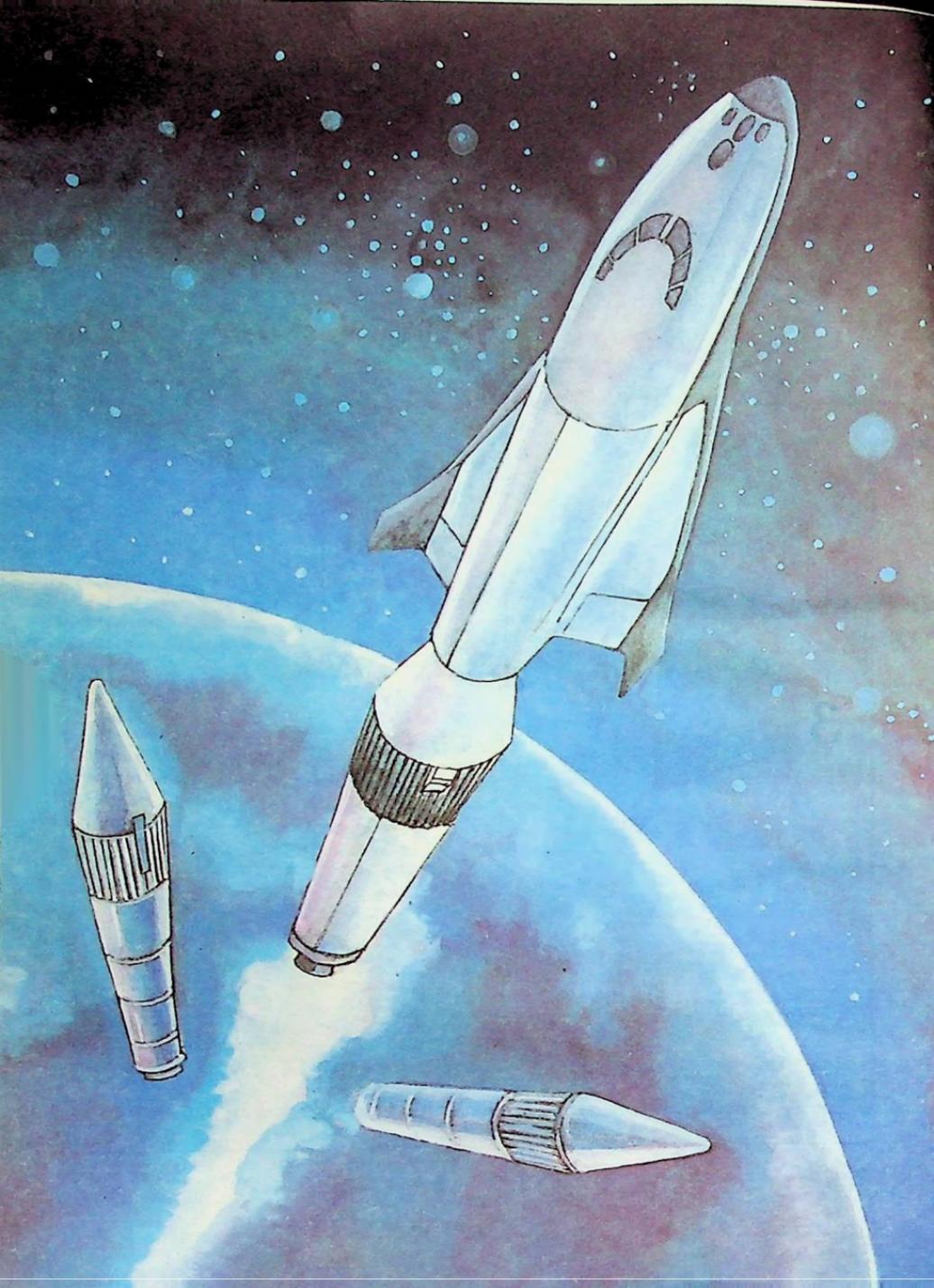




Рис. 13. Проект западногерманской двухступенчатой МТКС «Зенгер»

мощные в мире — работают на кислородно-керосиновом топливе. Тяга двигателей первой ступени составляет 740 т у Земли и 806 т в пустоте. 4 ЖРД второй ступени — на жидких кислороде и водороде с тягой каждого 148 т у Земли и 200 т в пустоте. При стартовой массе свыше 2000 тонн ракета-носитель «Энергия» может выводить на околоземную орбиту более 100 тонн полезного груза. Масса полезной нагрузки, выводимой на стационарную орбиту, 18 т, на траекторию полета к Луне — 32 т, к Марсу и Венере — до 28 т.

Страны Западной Европы взяли курс на достижение независимости от США

Рис. 12. Частично спасаемая МТКС «Ариан-5» — «Гермес»

при проведении космических исследований и организации промышленного использования космического пространства*. Перспективы развития западноевропейских космических программ зависят от разработки многообразных воздушно-космических аппаратов, обеспечивающих выполнение транспортных операций с приемле-

* Организацией, занимающейся в Западной Европе работами по исследованию и использованию космического пространства, является ЕКА (Европейское космическое агентство). Самым значительным достижением ЕКА за прошедший период можно считать создание ракет-носителей «Ариан-1», «Ариан-2», «Ариан-3». С 1988 года эксплуатируется РН «Ариан-4», утвержден план создания ракеты-носителя «Ариан-5».

мым показателем «стоимость-эффективность». Французский национальный космический центр еще в 1976 году приступил к изучению возможности запуска пилотируемых аппаратов с использованием ракеты-носителя «Ариан-5». В результате многочисленных исследований была выбрана для МТКС схема малоразмерного космического самолета «Гермес» с вертикальным стартом и горизонтальной посадкой на штатную посадочную полосу (рис. 12).

«Гермес» будет иметь длину 17 метров, размах крыла — 10,4 метра, стартовую массу — 21 тонну, массу на орбите — 8,7 тонны, массу полезного груза — 3 тонны, выводимого на орбиту высотой 500 километров, герметическую кабину объемом 4 кубических метра, отсек полезного груза с тем же объемом, запас топлива — 1500 килограммов. «Гермес» будет снабжен двигательной установкой для коррекции ошибок выведения ракеты-носителя, перевода аппарата на рабочую орбиту, сближения при стыковке с ОКС, отработки тормозного импульса для схода с орбиты. Выполнение первого орбитального полета намечается на 1995—1997 годы. Стоимость программы «Гермес» около 5,3 миллиарда долларов. Затраты на вывод на орбиту 1 килограмма полезного груза по расчетам составляют примерно 3000 долларов.

Двухступенчатая МТКС «Зенгер».

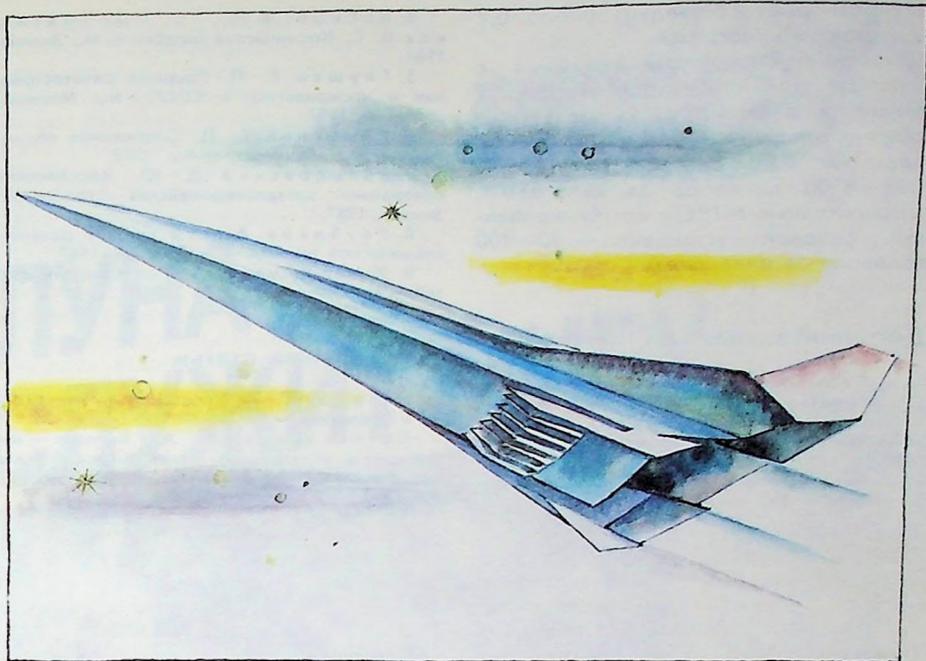
На рис. 13 показан проект двухступенчатой МТКС «Зенгер», разрабатываемый в ФРГ. Это двухступенчатая система, состоящая из гиперзвукового самолета-носителя и космического самолета «Хорус», отделяющейся от носителя на высоте 30—35 километров для последующего выхода на орбиту. Взлетная масса МТКС «Зенгер» 350 тонн, масса космического самолета «Хорус» — 85 тонн. Система «Зенгер» рассчитана на горизонтальные взлет и посадку и может приме-

няться с обычных аэродромов, что значительно снижает расходы и эксплуатацию. «Зенгер» сможет доставлять на околоземную орбиту высотой 200 километров 12 космонавтов или экипаж из 2—6 космонавтов и полезный груз массой 4 тонны, а на полярную орбиту такой же высоты — экипаж из 2—4 космонавтов и 2—4 тонны полезного груза.

Самолет-носитель по массе примерно соответствует нашему самолету Ан-124, но будет снабжен турбопрямоточными двигателями, обеспечивающими скорость полета М-7 и подъем на высоту 30—35 километров, где происходит отделение второй ступени. В ФРГ самолет-носитель рассматривается так же, как основа создания перспективного гиперзвукового транспортно-пассажирского самолета (рис. 14). Такой транспортный самолет сможет осуществлять полеты по маршруту Вашингтон — Токио менее чем за 3 часа, а по маршруту Нью-Йорк — Париж — за 1 час.

Одноступенчатые МТКА с комбинированной силовой установкой. Для обеспечения широкомасштабной системы противоракетной обороны с элементами космического базирования в США ведутся интенсивные работы по созданию целого семейства космических самолетов различной грузоподъемности, которые смогут совершать полеты на гиперзвуковых скоростях (М-12-25) в верхних слоях атмосферы или выходить на околоземные орбиты на высотах более 100 километров. Совершая трансатмосферный полет, подобные самолеты в течение 1—2 часов достигнут любой точки земного шара*. В одном из вариантов проекта предусмотрено, что с момента старта и до числа М-6 двигательная установ-

* Под трансатмосферным полетом понимается полет в атмосфере с последующим выходом в космос и возвращением на Землю.



ка будет работать в смешанном режиме. На этом участке полета большую часть тяги обеспечит ЖРД. При числах М-6-16 основную тягу обеспечит воздушно-реактивный двигатель, а ЖРД продолжит работу в качестве дополнительного двигателя. При достижении числа М-16 самолет выйдет за пределы атмосферы, и поступление кислорода в двигательную установку прекратится. Дальнейший разгон аппарата до орбитальной скорости, соответствующей числу М-25, обеспечит ЖРД.

Разработка воздушно-космического самолета в США («Икс-30»)* базируется на последних достижениях науки и

Рис. 14. Космический самолет с комбинированной силовой установкой (ТПРД + ЖРД)

техники, среди которых можно выделить гиперзвуковой воздушно-реактивный двигатель, высокопрочные легкие жаростойкие материалы, водородное топливо, усовершенствованные ЭВМ, системы управления с элементами искусственного интеллекта. По мнению некоторых экспертов, затраты на создание самолета «Икс-30» составят 14—18 миллиардов долларов. Стоимость доставки на околоземную орбиту полезного груза составит примерно 30 долларов за килограмм. Можно отметить, что энергозатраты для выведения ПН на низкую околоземную орбиту относительно невелики — порядка 10 киловатт-часов на килограмм, что с точки зрения стоимости

* Подробнее о самолете «Икс-30» см.: Уильямс Р. М. Космоплан — техника будущего // Аэрокосмическая техника. — 1987. — № 6.

электроэнергии составляет около 0,7 долларов за килограмм.

После краткого ознакомления с МТКС сделаем сравнительную оценку стоимости доставки на околоземную орбиту полезного груза: ракеты-носители, частично спасаемые МТКС,— 3000—8000 долларов за килограмм, перспективные МТКС с комбинированной силовой установкой — 30—100 долларов за килограмм.

Дополнительная литература

1. Гвамичева А. С., Кошелев В. А. Строительство в космосе.— М.: Знание, 1984.
2. Гришин С. Д., Чекалин С. В. Космический транспорт будущего.— М.: Знание, 1983.
3. К. Э. Циолковский (К 125-летию со дня рождения).— М.: Знание, 1982.

4. Бобков В. Н., Сыромятников В. С. Космические корабли.— М.: Знание, 1984.

5. Глушко В. П. Развитие ракетостроения и космонавтики в СССР.— М.: Машиностроение, 1987.

6. Уманский С. П. Snаряжение космонавта.— М.: Машиностроение, 1982.

7. Гольдовский Д. Ю. Космические программы западноевропейских стран.— М.: Знание, 1987.

8. Улубеков А. Т. У истоков ракетно-космической техники.— М.: Знание, 1987.

9. 30 лет космической эры: Сборник статей.— М.: Знание 1987.

Журнальные статьи

- Назаров Г. А. Космопорты мира//Земля и Вселенная.— 1987.— № 5.— С. 35—41.
- Котельников В. А. Королев — выдающийся конструктор ракет и космических кораблей//Земля и Вселенная.— 1987.— № 3.— С. 4—15.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

ЛУНА СЛУЖИТ МИРУ



Глава третья

Луна служит миру

Из истории изучения Луны

С незапамятных времен человек мечтал о полетах в космическое пространство. Для осуществления этой мечты фантасты и изобретатели придумывали различные способы, отражавшие современный им уровень знаний. Среди этих способов находим использование стихийных сил — ураганов и извержений вулканов, поднимающих корабли с путешественниками в космические просторы, использование орлов, лебедей, лошадей. В 1638 году в Шотландии вышла книга, написанная епископом Годвином «Человек на Луне, или рассказ о путешествии туда, совершенном Доминико Гонзалесом». Лебеди, прирученные испанским искалком приключений, доставили своего эдока на Луну. Семь с лишним месяцев спустя они благополучно вернули его на Землю*.

Сирано де Бержерак рассказывает о своем пребывании на Луне в книге «Иной свет, или Государства и империи Луны». Он построил машину, которую поднимали в воздух крылья, работающие под действием пружины. Кроме того, к машине были привязаны в шесть рядов ракеты; правда, горючий состав иссяк, прежде чем машина взлетела достаточно высоко, сила крыльев тоже, видимо, оказалась недостаточной, и экипаж Сирано рухнул на Землю, но сам он продолжал лететь по направлению к Луне...**.

Первые успехи воздухоплавания породили надежды на достижение не-

бесных тел с помощью подъемной силы воздушных шаров. Рождение паровой машины, казалось, тоже давало человеку средство для достижения Луны. Если развитие механики привело к рождению проектов получения космических скоростей с помощью крыльев, катапульт, пушек, то развитие физики позволило фантастам использовать для полета космических кораблей экраны земного тяготения, световое давление, магнитные и электрические силы. Не прошли фантасты и мимо ракет, известных человеку многие сотни лет. Еще в середине XVII века была высказана идея использования ракет для полета на Луну*.

В 1865 году во Франции появился увлекательный роман Жюль Верна «От Земли до Луны», где автор описывает отлитую в Америке гигантскую пушку и ядро-каюту, в которой трое пассажиров отважились полететь на Луну. В другом своем романе, «Вокруг Луны», Жюль Верн говорит уже о самом полете ядра в межпланетное пространство и благополучном возвращении путешественников на Землю. С механической точки зрения пушка одна из мощнейших машин, созданных человеческой изобретательностью. Так что не без основания французский романист предложил именно с помощью пушки разрешить проблему космических полетов.

Но что произойдет при выстреле? Ведь ядро не простой артиллерийский снаряд, это каюта, в которой находятся живые люди.

Вот здесь-то кроется слабое место заманчивого полета Жюль Верна. Это небывалое путешествие пройдет для пассажиров ядра далеко не так мирно

* Фрагмент этого сочинения напечатан в сб.: Лунариум/Сост. Е. Парнов и Л. Самсоненко.— М., 1975.

** См.: Там же.

* Подробнее о фантастических межпланетных путешествиях см.: Рынин Н. А. Межпланетные сообщения.— Вып. 1 (Мечты, легенды, первые фантазии).— Л., 1928.

и благополучно, как описано в романе. Опасный момент для его путешественников представляют те доли секунды, в течение которых ядро-каюта будет двигаться в канале самой пушки. Ведь в течение этого малого промежутка времени скорость движения пассажиров должна возрасти от нуля до 16 километров в секунду*. Даже если произвольно увеличить время до 1 секунды, то для достижения скорости 16 километров в секунду необходимо создать ускорение 16 000 метров на секунду в квадрате (по известной формуле $V = gt$, где g — ускорение силы тяжести, для Земли равное 9,81 метра на секунду в квадрате). При таком ускорении вес незадачливых пассажиров увеличится в 1600 раз, и они неминуемо будут раздавлены. Достаточно привести такой пример: голова человека, которая обычно весит около 5 килограммов, увеличится в весе до 9 тонн. С такой силой она будет давить на плечи.

В 1887 году К. Э. Циолковский закончил фантастическую повесть «На Луне». Это был популярный рассказ о необычном мире ближайшего к нам космического тела. Данные о Луне преподносились частично в занимательной форме фантастического путешествия, но в некоторых вопросах Константин Эдуардович высказывал догадки и предположения, подтвержденные научными исследованиями только через годы. В повести рассказ ведется от лица человека, которого богатое воображение во время сна переносит на Луну вместе с другом, физиком по профессии**. Первой же работой К. Э. Циолковского, напечатанной при Советской власти, стала

тоже научно-фантастическая повесть «Вне Земли». В ней описывается фантастическое путешествие в межпланетном пространстве на летательном аппарате с ракетным двигателем, в популярной форме изложена теория движения ракеты, образно описаны условия обитания в космическом корабле. Путешественники побывали на Луне и астероидах. В 1918 году повесть печаталась отрывками в журнале «Природа и люди», а в 1920 году вышла отдельной книжкой*.

Герберт Уэллс в своем романе «Первые люди на Луне» (1901) описывает полет двух людей из Англии на Луну и затем возвращение одного из них обратно на Землю. Герой романа ученый Кевор стремился найти такое вещество, которое было бы «непрозрачно» для всех видов лучистой энергии и для сил тяготения. Кевор открыл способ изготовления именно такого вещества, не проницаемого для сил тяготения. «Легко представить себе, какие необычайные возможности открывает перед нами подобное вещество. Если, например, нужно поднять груз, то как бы огромен он ни был, достаточно будет разослать под ним лист этого вещества — и груз можно будет поднять хоть соломинкой». Все это, однако, не более как фантазия. Пока мы не можем распоряжаться силами тяготения по своему усмотрению или хотя сколько-нибудь отклонить эту силу от пути, по которому она распространяется.

Примерно к концу 40-х годов нашего века было известно, что Луна обращается вокруг Земли по эллиптической орбите со средней скоростью 1,02 километра в секунду и с периодом, равным 27,32 солнечных суток. День на Луне продолжается больше двух земных недель. В это время ее

* Герои Жюль Верна выбрали эту скорость в расчете преодолеть не только силу тяжести, но и сопротивление атмосферы.

** См.: Циолковский К. Э. На Луне.— М.: Изд-во Сытина, 1893.

* См.: Циолковский К. Э. Вне Земли.— Калуга, 1920.

поверхность в экваториальном поясе нагревается солнечными лучами до 130°C , а за длинную лунную ночь температура падает до -150°C . Среднее расстояние между Землей и Луной принимается равным 384 тысячам километров. Следовательно, Луна в 100 раз ближе к нам, чем ближайшая из планет Венера при ее минимальном удалении от Земли.

Современные телескопы позволяют рассмотреть на Луне детали поперечником в несколько сотен метров, но происхождение многих лунных образований остается неясным. Так, например, вопрос о возникновении лунных кратеров (кольцевых гор) и до настоящего времени является предметом многочисленных споров.

Радиус Луны 1738 километров. Таким образом, диаметр Луны меньше диаметра Земли почти в 4 раза. Ускорение свободного падения на Луне составляет 1,62 метра на секунду в квадрате, что примерно в 6 раз меньше, чем на поверхности Земли. Человек, весивший на Земле 80 килограммов, будет весить на Луне около 13 килограммов. Попав на Луну и сохранив свою мускульную силу, он сможет совершать прыжки в 6 раз дальше, чем на Земле, поднимать тяжесть в 6 раз больше и прыгать на высоту 15 метров, не причиняя себе вреда.

Луна повернута к нам всегда одной и той же стороной. Поэтому о строении ее обратной стороны никто ничего не знал. А как хотелось бы увидеть ее всю! Но увы, телескопы здесь бессильны. Трудно было судить селенологам — ученым, изучающим Луну, и о различных физических характеристиках нашего спутника, о химическом и минералогическом составе его поверхности, о строении лунных недр. На основании сведений, полученных в результате наземных наблюдений, они могли только строить гипотезы. И вот пришла космическая эра. Запусками первых искусственных спутников Зем-

ли, как мы знаем, была решена крупнейшая научно-техническая проблема — получение первой космической скорости. В результате дальнейшей творческой работы советских ученых, инженеров и рабочих была отработана многоступенчатая ракета, последняя ступень которой способна достигнуть второй космической скорости — около 11,2 километра в секунду, что обеспечило возможность проведения межпланетных полетов и полетов к Луне. С помощью этой ракеты 2 января 1959 года в СССР был осуществлен запуск первой в мире автоматической межпланетной станции «Луна-1».

Автоматическая станция «Луна-1» массой (вместе с последней ступенью ракеты) 1472 килограмма пролетела вблизи Луны на расстоянии меньше 6000 километров от ее поверхности и, выйдя на гелиоцентрическую орбиту, стала первой в мире искусственной планетой Солнечной системы. Связь с ней поддерживалась в течение 62 часов до расстояния около 600 000 километров.

А в сентябре того же года состоялся новый старт, и автоматическая станция «Луна-2» впервые достигла поверхности нашего спутника. Мечта фантастов сбылась: созданный человеком аппарат впервые достиг другого небесного тела. Траектория полета к Луне станции «Луна-2» включала участок разгона до скорости 11,3 километра в секунду и участок свободного полета после выключения двигателя последней ступени работы и отделения контейнера массой 390 килограммов. По мере удаления от Земли, как и при полете станции «Луна-1», скорость второго лунника уменьшалась, а затем вследствие притяжения Луны возрастала и в момент соударения с ее поверхностью достигла 3,3 километра в секунду. Продолжительность полета станции «Луна-2» составила почти 1,5 суток.

Эти два межпланетных рейса существенно изменили наши представления о космосе. Например, стало известно, что Луна в отличие от нашей планеты не имеет ни сильного магнитного поля, ни радиационных поясов. Но «лунный» 1959 год на этом не кончился. В октябре в космическое путешествие отправилась автоматическая станция «Луна-3», которая принадлежала к космическим аппаратам другого типа — «облетным». Совершив облет Селены (так по-гречески называется Луна), станция передала ставшие уже историческими первые фотографии обратной стороны Луны.

Штурм Луны принимал методический характер. Порою в ясную лунную ночь, во время полнолуния, кажется, что до Луны рукой подать. Правда, рука нужна слишком длинная — более 380 000 километров. Интерес к Луне вызывается прежде всего тем, что она ближайшая наша соседка по космосу. Но дело не только в этом. Изучение Луны очень важно для понимания происхождения и эволюции всей Солнечной системы.

Намеченная в Советском Союзе программа исследования Луны не ограничивалась фотографированием нашего спутника. Только данные, полученные от приборов, находящихся непосредственно на поверхности Луны, могли определить и передать на Землю важнейшие физические характеристики и особенности строения лунного грунта. Шла подготовка к мягкой посадке на Луну. В 1963—1965 годах были отправлены в космос 5 автоматических станций — от «Луны-4» до «Луны-8».

Новый этап в исследовании Луны наступил в результате успешного полета автоматической станции «Луна-9», стартовавшей в январе 1966 года. Целью этого полета стало решение важнейшей технической задачи космонавтики — осуществление мягкой посадки на Луну. После посадки посланец Зем-

ли сделал обзор лунного ландшафта и передал его телевизионное изображение. Тот факт, что станция «Луна-9» не погрузилась в грунт, свидетельствовал о его прочности. Плотность поверхностного слоя лунного грунта оказался такой же, как у имеющихся на Земле зернистых материалов вроде пемзы. «Луна-9» не могла прилунниться, используя парашютные системы посадки, испытанные при возвращении космических аппаратов на Землю. Ведь на Луне нет атмосферы и не на что опереться, чтобы затормозить падение. Пришлось воспользоваться силой тормозного ракетного двигателя, но чтобы мягко посадить космический аппарат на Луну, он должен был работать с ювелирной точностью.

Не прошло и двух месяцев, как последовал новый шаг — создание первого искусственного спутника Луны; им стала автоматическая станция «Луна-10». Она была оснащена большим комплексом научной аппаратуры для изучения Луны и окололунного пространства. В том же 1966 году стартовали к Луне новые разведчики космоса — станции «Луна-11», «Луна-12», «Луна-13».

Дальнейшее развитие космонавтики позволило решить еще более сложную задачу — доставку лунного грунта на Землю. Это сделала станция «Луна-16» в сентябре 1970 года. Станция совершила мягкую посадку в районе Моря Изобилия, произвела бурение и взятие образцов грунта. С помощью специальной ракеты был обеспечен старт аппарата с поверхности Луны и доставка его с лунным веществом на Землю (рис. 15). Детальное исследование химического состава лунного вещества и определение абсолютного возраста пород морского и материкового типа пролили свет на одну из фундаментальных проблем изучения Луны. Вместе с тем было поставлено много новых вопросов, обнаружены явления и факты, не под-



дающиеся пока объяснению. Фундаментальные работы в области химии лунных пород принадлежат выдающемуся советскому ученому А. П. Виноградову и его последователям В. Л. Барсукову, Ю. А. Суркову, К. П. Флоренскому.

И вот снова внимание приковано к Луне. Стартовавшая в ноябре 1970 года станция «Луна-17» доставила на ее поверхность передвижной аппарат «Луноход-1». Наступило время сделать качественно новый шаг в научных исследованиях Луны, а именно приступить к систематическому изучению больших площадей ее поверхности с помощью передвижных автоматических средств. Учеными давно обсуждались способы передвижения по Луне и возможные схемы луноходов. За основу, как правило, предлагались механизмы передвижения, созданные природой и человеком: шагающие, прыгающие, ползущие, движущиеся на колесах или гусеницах. Большинство специалистов склоняется к тому, что для исследования Луны наиболее подходящими являются колесные варианты луноходов.

Это конструктивное решение и было принято нашими инженерами при создании «Лунохода-1», которому предстояло на практике проверить эту гипотезу. Конструкция лунохода должна была удовлетворить целому ряду требований, которые можно считать необычными для наземных транспортных средств. Это глубокий вакуум, пониженная сила тяжести, значительный перепад температур. Особые требования предъявлялись к системам управления самоходным аппаратом. Главную трудность при этом создавало огромное расстояние между центром и объектом управления, которое составляло почти 400 тысяч километ-

ров. Самоходный аппарат прошел расстояние, равное 10 540 метрам, что позволило ему обследовать лунную поверхность на площади 80 тысяч квадратных метров. Более чем в 500 точках изучались физико-механические свойства поверхностного грунта.

В феврале 1972 года в экспедицию на Луну отправился следующий космический аппарат — «Луна-20». Штурм Луны продолжался. Эта станция доставила на Землю образец лунного грунта из труднодоступного горного района. Теперь возможно было сравнивать пробы, взятые из разных областей. И это сравнение показало различие в составе грунта лунных морей и материков. Прошло меньше года, и по лунной целине пролегал новый след лунохода: станция «Луна-21» доставила внутрь кратера Лемонье у восточной границы Моря Ясности «Луноход-2». И вновь перед нашими глазами возникли панорамы нашей соседки (рис. 16). Длительные комплексные исследования Луны и окололунного пространства с орбиты произвела запущенная 29 мая 1974 года станция «Луна-22». Станция «Луна-23» выведена на орбиту искусственного спутника Луны в октябре 1974 года. В августе 1976 года запущена станция «Луна-24», осуществлена мягкая посадка в районе Моря Кризисов, произведено бурение лунного грунта на глубину около 2 метров. Полученные образцы грунта доставлены на Землю.

Первым американским искусственным объектом, достигшим поверхности Луны, был космический аппарат «Рейнджер-4», стартовавший с Земли почти через 2,5 года после полета станции «Луна-2». Однако его полет был не совсем удачным: пролетев по нерасчетной траектории, он упал на невидимую сторону Луны. Вообще запуски первых 6 американских аппаратов «Рейнджер» по разным причинам оказались неудачными. Лишь космические аппараты «Рейнджер-7» в

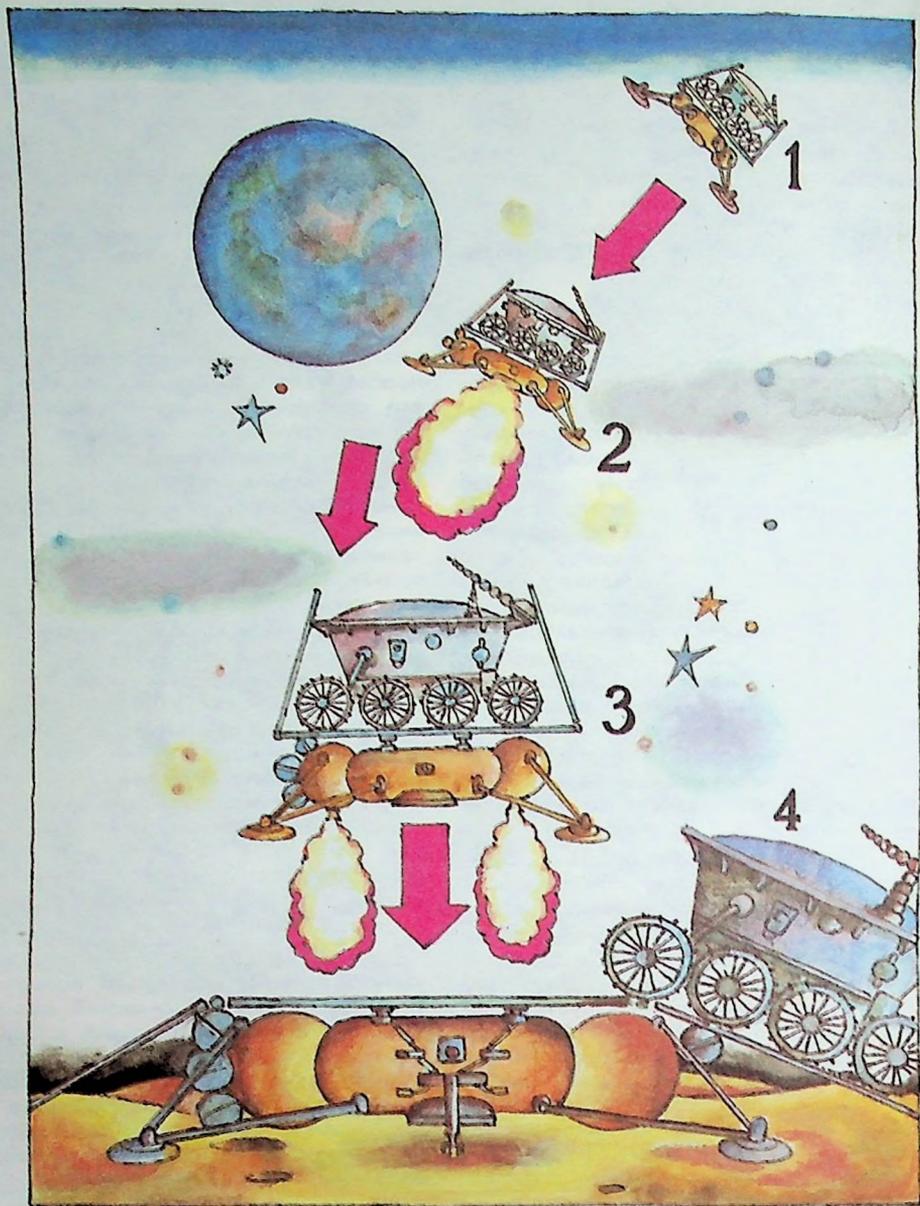


Рис. 16. Схема посадки станции «Луна-21»: 1 — приближение к поверхности Луны; 2 — включение тормозного двигателя; 3 — включение двигателей мягкой посадки; 4 — «Луноход-2» покидает станцию

июле 1964 года, «Рейнджер-8» в феврале 1965 года и «Рейнджер-9» в марте 1965 года передали на Землю телевизионные снимки лунной поверхности.

В июне 1966 года мягкую посадку в районе Океана Бурь совершил американский космический аппарат «Сервейер-1». Переданная им информация подтвердила достаточную прочность грунта на поверхности Луны и отсутствие глубоких слоев пыли, как предполагали до полета станции «Луна-9». Предпринятая вскоре после этого в США новая попытка посадить на Луну космический аппарат закончилась неудачно: аппарат «Сервейер-2» при подлете к Луне начал «кувыркаться» и разбился о ее поверхность. Вслед за этим была осуществлена посадка американского аппарата «Сервейер-3», который провел исследования лунного грунта. Четвертый аппарат «Сервейер» посадить на лунную поверхность не удалось. Однако впоследствии США осуществили мягкую посадку еще трех аппаратов этой серии.

«Лунар-Орбитер» — наименование серии американских искусственных спутников Луны, проводивших исследование ее поверхности при полете по селеноцентрической орбите. Запуск «Лунар-Орбитер-1» осуществлен в августе 1966 года, а последнего, «Лунар-Орбитер-5», — в августе 1967 года. При их полетах получены снимки лунной поверхности, имеющие большую научную ценность.

Изучив доставленные на Землю лунные породы и снимки ее поверхности, ученые пришли к выводу, что Луна является мертвым миром, на котором не замечается признаков жизни; Луна не только крайне гориста, но и сплошь

усеяна острыми обломками скал и камней, так что транспорту передвигаться очень трудно; возраст лунных пород — 3,1—4,2 миллиарда лет; на Луне можно добывать необходимые металлы и минералы, строить жилые и промышленные сооружения.

Небольшая масса Луны является причиной отсутствия у нее какой-либо атмосферы или защитного газового покрова. Газовая оболочка вокруг небесного тела создается вследствие притяжения, оказываемого им на молекулы окружающего газа. Это притяжение препятствует молекулам газа обрести скорость, достаточную, чтобы покинуть небесное тело. Если Луна когда-либо имела атмосферу, то молекулы составляющих ее газов вследствие нагрева солнечными лучами получали скорости, близкие ко второй лунной космической, отрывались от Луны и рассеивались в мировом пространстве.

Но все ли мы знаем о Луне? Нет. Лунный мир по-своему неисчерпаем. Перефразируя известный парадокс мы можем сказать, что узнали достаточно много для того, чтобы понять как мало мы еще знаем о Луне.

Природа Луны

Наша планета непрерывно движется по своей орбите вокруг Солнца. Луна, обращаясь вокруг Земли, в то же самое время следует за ней. За время одного оборота Земли вокруг Солнца Луна делает около 13,5 оборотов, двигаясь почти в плоскости орбиты движения Земли вокруг Солнца.

Вследствие вращения Земли с запада на восток Луна, как Солнце и звезды, восходит на востоке и заходит на западе, двигаясь вокруг Земли в направлении с запада на восток. Вращаясь вокруг нашей планеты, Луна непрерывно меняет видимую форму. То она видна, как полностью освещенный

диск, то как половина его, а то как узкий серп, рога которого могут быть обращены и вправо и влево. Все это объясняется разными положениями Луны относительно Земли и Солнца, отчего Луна и бывает по-разному освещена им. Это порождает смену лунных фаз (фазой называется доля диска небесного тела, освещенная Солнцем).

Полный цикл изменения лунных фаз происходит за 29,53 суток. Это так называемый синодический месяц; он примерно на 2,2 суток длиннее сидерического, или звездного, месяца — промежутка времени, в течение которого Луна обегает Землю и приходит в прежнее положение относительно «неподвижных» звезд. В момент новолуния Луна располагается между Землей и Солнцем и обращена к нам неосвещенным полушарием и поэтому невидима. Освещенная, создаваемая полной Луной вне атмосферы, составляет 0,3 люкса (на земной поверхности около 0,2 люкса), то есть полтора раза слабее Солнца. Время оборота Луны вокруг оси равно времени оборота вокруг Земли. Это ведет к тому, что Луна всегда повернута к Земле одной своей стороной.

На Луне выделяются два основных типа геологических образований — материка и моря. Материки — это светлые области с неровным рельефом, занимающие около 83% поверхности. Поверхность самих материков испещрена множеством крупных кратеров, достигающих десятков и сотен километров в диаметре. Наиболее хорошо сохранившиеся кратеры имеют все признаки ударно-взрывного происхождения; они образовались при бомбардировке лунной поверхности метеоритами. Лунные моря представляют собой равнины, заполненные застывшей базальтовой лавой. Согласно одной из гипотез относительно происхождения морей, они возникли в результате падений на Луну больших ме-

теоритов — астероидов. При этом поверхностные слои лунного грунта были отброшены, образовав вокруг кратера горные цепи. Расплавленная лава, вырвавшаяся из недр Луны, заполнила все впадины.

Поверхностный слой Луны — реголит (в силу своей чрезвычайной пористости и вакуума) обладает очень малой теплопроводностью*. На поверхности реголита разница между дневной и ночной температурой около 300°С, но на небольшой глубине под поверхностью ее суточные колебания не так велики. На глубине нескольких метров температура практически постоянна — около —30°С. В более глубоких слоях температура более высока за счет выхода из недр потока тепла, обусловленного распадом радиоактивных элементов, которые содержатся в лунной коре.

На Луне можно отметить 14 обширных морских образований. Всем им даны причудливые названия — Море Спокойствия, Море Облаков, Море Дождей и т. д. Все морские образования расположены на той стороне Луны, которая всегда обращена к Земле. На обратной стороне Луны существует лишь одно значительное образование морского типа — Море Москвы. Как и у нас на Земле, горы на Луне очень разнообразны. Встречаются среди них вытянутые длинные хребты или цепи, есть и отдельные вершины. Чаще всего на Луне встречаются горы совсем особого вида, такие, каких на Земле нет. Представьте себе горный хребет, который идет не прямо, а по дуге, образуя правильное кольцо. Местность внутри этого кольца представляет собой котловину или низину (кратер). Горный хребет, охва-

* Слово «почва» означает вещество, содержащее разлагающую биологическую массу. Термин «реголит» относится просто к покрывающей породе.

тывающий кратер кольцом, составляет вал кратера, местность, расположенная внутри него, — дно кратера. Наиболее крупные кратеры были названы именами выдающихся математиков, философов и других ученых. Диаметры самых больших кратеров достигают 240 километров. Самые большие лунные вершины поднимаются над окружающими равнинами до высоты 8 километров.

Размеры Луны довольно точно описываются величиной среднего радиуса лунного шара. В настоящее время принята величина среднего радиуса Луны $R_n = 1738$ километров. Площадь поверхности лунного шара составляет $S_n = 37,96$ миллиона квадратных километров, что равняется 0,074 площади земной поверхности. Объем лунного шара равен $V_n = 21,99$ миллиарда кубических километров, или 0,02 объема Земли. Если принять массу Земли равной $5,977 \cdot 10^{27}$ граммов, то масса Луны определяется величиной всего $M_n = 7,35 \cdot 10^2$ граммов. По данным о размере и массе Луны можно подсчитать среднюю плотность лунного шара. Эта величина составляет $\rho_n = 3,34$ грамма на кубический сантиметр, что значительно меньше средней плотности Земли (5,52 грамма на кубический сантиметр).

Представление о внутреннем строении Луны было получено с помощью сейсмического обследования, проведенного на лунной поверхности. Сейсмическое зондирование недр основано на возможности определить плотность различных пород по скорости распространения в них упругих волн. В твердом веществе Луны, как и в любой другой упругой среде, при искусственном или естественном возмущении (взрыв, удар падающего тела, глубинное лунотрясение) возникают объемные и поверхностные волны. По Луне были проведены наблюдения сейсмических волн, возникших в результате падения на лунную поверх-

ность последних ступеней ракет-носителей и лунных отсеков космических кораблей «Аполлон», а также при лунотрясениях.

В первом приближении лунные недра разделены на 5 зон. Самая верхняя зона, имеющая на видимой стороне мощность около 60 километров, а на обратной — около 100 километров, отождествляется с лунной корой. Вторая зона носит название верхней мантии Луны; ее мощность составляет, по видимому, около 250 километров. Мощность третьей зоны — средней мантии — равна приблизительно 500 километров. Четвертая зона — нижняя мантия — характеризуется полным исчезновением поперечных волн. В связи с этим высказано предположение, что вещество нижней мантии может находиться в частично расплавленном состоянии (рис. 17). На глубине 1380—1570 километров было обнаружено резкое уменьшение скорости продольных волн. Эта граница отмечает начало пятой зоны — лунного ядра.

Анализ доставленных на Землю образцов лунных пород позволил составить представление о химическом составе Луны. Как оказалось, химический состав поверхностных лунных пород морей и материков весьма сходен. Большой интерес представляют химические анализы образцов лунного грунта, доставленных из различных районов Луны. Выяснилось, что в наружных лунных породах содержится значительное количество таких редких на Земле элементов, как хром, титан, цирконий, сравнительно мало легкоплавких элементов — свинца, висмута, натрия, калия, в ничтожном количестве имеется золото и серебро. Кислород составляет около половины состава грунта Луны; вода обнаружена в очень незначительном количестве — лишь в двух образцах, доставленных кораблем «Аполлон-11».

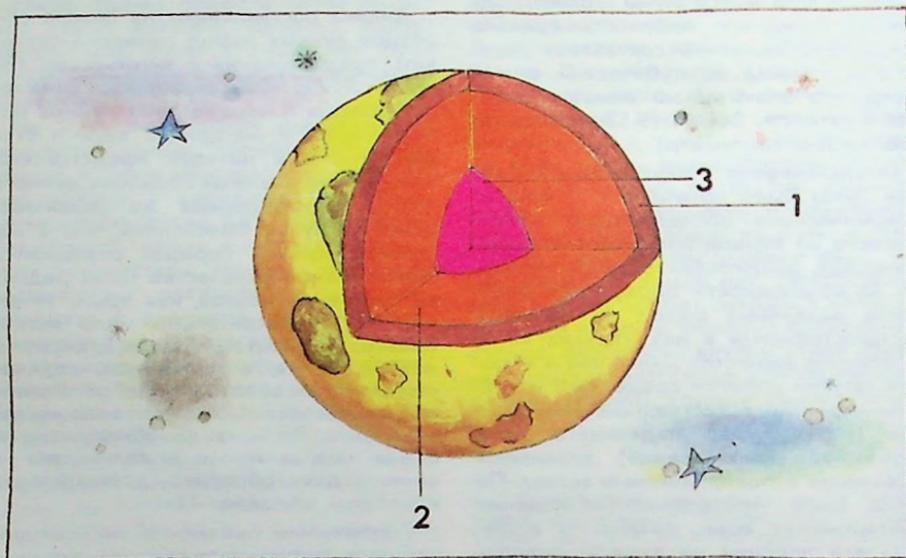
Содержание металлов, находящихся в широком промышленном применении,

оказалось, например, в месте посадки АМС «Луна-16» следующим (в весовых процентах): железо — 14, титан — 2, алюминий — 8, магний — 5. Исследуя лунный реголит, группа советских ученых установила, что там присутствуют мельчайшие частицы металлического железа, титана и кремния, которые способны сохраняться на Земле в атмосфере кислорода, то есть не окисляются. Среди земных пород такого явления не наблюдается. Неокисляемость обусловлена ультрадисперсными частицами ряда элементов, образовавшимися в результате восстановления космического вещества под длительным воздействием солнечного ветра и микрометеоритов в условиях космического вакуума. Государственный комитет СССР по делам изобретений и открытий внес это открытие в Государственный реестр под № 219.

Поскольку масса Луны незначительна, газовая оболочка вокруг нее должна быть очень сильно разреженной, то есть практически отсутствовать. Основными компонентами оболочки оказались водород, гелий, неон, аргон. Конечно, при крайней разреженности лунной атмосферы можно говорить только об отдельных ионах газов, присутствующих в окололунном пространстве. Луна является немагнитной, сравнительно непроводящей и холодной диэлектрической сферой. Первые измерения, проведенные с помощью магнитометра, показали, что дипольный момент Луны на несколько порядков меньше магнитного момента Земли.

Вопросы образования и ранней истории Луны продолжают обсуждаться. Нет полной ясности относительно того, где сформировалась Луна как самостоятельное небесное тело. Некоторые особенности химического состава лунных пород позволяют предположить, что Луна и Земля образовались

рис. 17. Строение недр Луны: 1 — кора; 2 — мантия; 3 — ядро



в одной и той же зоне Солнечной системы, но не были в прошлом единым целым. Наиболее обоснованной считают гипотезу образования Луны, согласно которой земной спутник аккумуляровался в окрестностях растущей Земли из околосреднего роя тел.

Исследования образцов лунных пород показали, что недра Луны на ранних стадиях эволюции претерпели магматическую дифференциацию. В расплавленном веществе Луны происходило разделение расплавленных пород, в результате чего сформировались кора и верхняя мантия.

Радиационная обстановка в окололунном пространстве

Наша Земля окружена атмосферой и магнитным полем, которые являются своеобразным щитом, защищающим все живое от губительного действия космических потоков ионизирующих излучений*. В основном это излучения, возникающие при солнечных вспышках, и космическое излучение, приходящее из глубин Галактики. Совсем иначе на Луне. Здесь нет атмосферы, нет и магнитного поля, в результате весь этот «букет» излучений беспрепятственно достигает ее поверхности.

Ионизирующая радиация обладает способностью проникать в тела и материалы и ионизировать их. Основная физическая величина, которая характеризует радиоактивный источник,— это число происходящих в нем распадов в единицу времени. Такая величина была названа активностью. У

разных радиоактивных веществ период полураспада меняется в очень широких пределах: от миллионов долей секунды до нескольких миллиардов лет. Например, период полураспада урана-238 равен 4,5 миллиарда лет, радиоактивного изотопа йода-131 — около 8 суток, цезия-137 — 30 лет.

Под действием излучений, испускаемых радиоактивными изотопами, в облучаемом объекте накапливаются различные нарушения. В качестве единицы поглощенной дозы выбран рад (аббревиатура английского «поглощенная доза излучения»). Один рад соответствует такой поглощенной дозе, при которой количество энергии, выделяемой в 1 грамме любого вещества, равно 100 эрг независимо от вида и энергии ионизирующего излучения. Таким образом, 1 рад = 100 эрг на грамм = 10^{-2} джоулей на килограмм = $6,25 \cdot 10^7$ мега электрон-вольт на грамм для любого материала. Поглощенная доза, образуемая в веществе в единицу времени, называется мощностью поглощенной дозы и измеряется в единицах радах на секунду, радах на минуту, радах на час и т. д.

Стоит обратить внимание на то обстоятельство, что рад (или грэй) — единица чисто физической величины. По существу, это энергетическая единица, никак не учитывающая те биологические эффекты, которые производит проникающая радиация при взаимодействии с веществом. Поэтому возникла необходимость ввести такую измеримую величину, которая учитывала бы не только выделение энергии, но и биологические последствия облучения. Из соображений простоты и удобства биологические эффекты, вызванные любыми ионизирующими агентами, принято сравнивать с воздействием рентгеновского или гамма-излучений на живой организм. Чтобы можно было сравнивать их воздействием с биологическими эффектами от

* Ионизирующими излучениями (радиацией) называют потоки коротковолнового электромагнитного излучения (рентгеновских, гамма-лучей) и элементарных частиц, образующихся при внутриядерных реакциях,— альфа-частиц (ядер гелия), бета-частиц (электронов, позитронов), протонов, нейтронов.

рентгеновского и гамма-излучений, вводится так называемая эквивалентная доза, которая определяется как произведение поглощенной дозы на некоторый коэффициент, зависящий от вида излучения. Этот коэффициент, называемый фактором качества Q , приблизительно равен 1 для гамма-лучей и протонов высокой энергии; для тепловых нейтронов $Q \approx 3$, а для быстрых нейтронов Q достигает 10. При облучении альфа-частицами и тяжелыми ионами $Q \approx 20$, а это значит, что даже сравнительно малые поглощенные дозы могут вызвать серьезные биологические последствия. Эквивалентная доза измеряется в бэрах (аббревиатура «биологический эквивалент рентгена»). Для рентгеновского излучения ($Q = 1$) 1 рад поглощенной дозы соответствует 1 бэру. Поглощенная доза излучения, выраженная в рэдах ($R_{\text{рад}}$), и биологическая доза, выраженная в бэрах ($R_{\text{бэр}}$), связаны соотношением

$$R_{\text{бэр}} = R_{\text{рад}} \cdot Q.$$

Рад — это так называемая внесистемная единица, и с точки зрения ортодоксальных приверженцев системы СИ на ее использование должен быть наложен суровый запрет. Однако жизненная практика оказалась сильнее формальных предписаний, и «незаконная» единица поглощенной дозы, рад, используется гораздо чаще, чем соответствующая единица системы СИ — грэй (обозначается Гр, Gy). Соотношение между единицами поглощенной дозы таково: 1 грэй = 1 джоуль на килограмм = 100 рад. Мощность поглощенной дозы измеряется в системе СИ в грэях на секунду, грэях на час и т. д.

Тем не менее, учитывая важность проблемы биологического действия ионизирующих излучений, в радиационной физике и при расчете защиты от ядерных излучений стали использовать единицу эквивалентной дозы.

В системе СИ эта единица установлена совсем недавно и называется «зиверт» (обозначается Зв, Sv). Эквивалентная доза в 4—5 зиверт (примерно 400—500 бэр), полученная за короткое время, вызывает тяжелое лучевое поражение и может привести к смертельному исходу. Предельно допустимая доза (ПДД) для персонала, работающего с радиоактивными веществами, установлена в 5 бэр в год (или примерно 100 миллибэр в неделю). При этом имеется в виду облучение всего тела, или, как говорят, тотальное облучение. Для населения установлен предел дозы за год в 10 раз меньший — 500 миллибэр в год.

Доза облучения, полученная человеком в космическом полете, регламентирована «Временными нормами радиационной безопасности» (ВНРБ-75), утвержденными Министерством здравоохранения СССР. Так, например, при полете в течение месяца нормативный уровень общего облучения не должен превышать 50 бэр и соответственно 150 бэр, если полет продолжается год.

ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ СОЛНЕЧНЫХ ВСПЫШКАХ

Энергия, которую излучает Солнце, огромна: $4 \cdot 10^{23}$ киловатт. Наша Земля получает около миллиардной части этого энергетического потока ($4 \cdot 10^{14}$ киловатт), и все это несравненно больше того, что вырабатывают все энергетические системы Земли. В составе лучистой энергии Солнца находится длинноволновое излучение — это радиоволны; их изучением занимаются радиоастрономы. К радиоволнам прилегают тепловые, инфракрасные лучи; рядом с инфракрасными лучами лежит видимый свет. Затем в спектре Солнца идут еще более

короткие ультрафиолетовые лучи с длиной волны, составляющей 0,38—0,01 микрометра. Замыкают солнечный спектр рентгеновские и гамма-лучи.

Поток солнечной энергии, падающий в течение 1 минуты на площадку размером 1 квадратный метр, имеет общее название — солнечная постоянная. За пределами атмосферы Земли солнечная постоянная составляет около 1400 ватт на квадратный метр (1200 килокалорий в час на квадратный метр). Этой энергии достаточно, чтобы нагреть до кипения 12 литров ледяной воды. На орбите Марса солнечная постоянная ослабевает больше чем вдвое — 0,6 киловатт на квадратный метр, у Венеры она составляет более 2,5 киловатта на квадратный метр, а у Меркурия даже 8,6 киловатта на квадратный метр. 28% солнечной энергии отражаются земной атмосферой, 25% — поглощаются, только 47% достигают поверхности Земли. Воздушная оболочка, окружающая нашу Землю, пропускает к поверхности Земли не все лучи. Ультрафиолетовое излучение с длиной волны короче 0,29 микрометра и инфракрасные лучи длиннее 4 микрометров до Земли не доходят. В энергетическом отношении срезаемая часть солнечного спектра имеет сравнительно малое значение, но ее влияние на человека огромно.

«Взирая на Солнце, прищурь глаза свои, и ты смело разглядишь в нем пятна», — советует Козьма Прутков. Однако его совет годится не всегда. Иногда лик Солнца чист и ясен. Зато в другое время он действительно покрывается странными пятнами. Исследователи установили, что пятна, несмотря на то что кажутся черными, очень горячие. Их температура около 4000 К. Это намного больше, чем в горниле самой жаркой печи на Земле. Черные же они оттого, что мы их видим ря-

дом с более горячей частью Солнца, нагретой еще на 2000 К выше. Таким образом, пятно — это охлажденное солнечное вещество, так сказать, оазис на поверхности сверхжаркой солнечной пустыни.

Большое пятно может растянуться на поверхности Солнца на несколько десятков тысяч километров. Пятно живет всего несколько часов, но бывает и так, что оно не исчезает на протяжении нескольких недель и даже месяцев. Чем пятно больше, тем и живет дольше. Но пятна — это еще не все. То ли дело возникающие в период появления солнечных пятен огромные вспышки, причудливыми языками взметнувшиеся на высоту сотен тысяч километров.

Вспышка — это колоссальное, длящееся около часа извержение солнечной плазмы, возникающее из-за термоядерного взрыва вследствие разогрева солнечного вещества. Энергия солнечных вспышек эквивалентна взрывам тысяч, а иногда и миллионов водородных бомб, ее хватило бы для того, чтобы растопить все льды Арктики и Антарктиды. С каждой вспышкой наше светило выбрасывает в космос потоки частиц высокой энергии, ультрафиолетового и рентгеновского излучения. Электромагнитное излучение доходит до Луны за 8—9 минут. Потоки же частиц, состоящие в основном из протонов и альфа-частиц и несущиеся с огромными скоростями, как микроскопические пули, достигают Луны только через 1—2 суток.

Солнечные пятна никогда не остаются неизменными: их количество и общая площадь периодически меняются. Пятен на Солнце мало в годы минимума солнечной активности. После минимума число пятен и их площадь растут, и в среднем через 4 года наступает максимум солнечной активности. Затем начинается спад солнечной активности, но более медленный, чем подъем, и в среднем через 7 лет вновь наступает год минимума. Таким обра-

зом, от максимума до максимума (или от минимума до минимума) проходит обычно 11 лет.

ГАЛАКТИЧЕСКОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

Возникновение планетных систем, в том числе и нашей Солнечной системы, часто связывают с происшедшим поблизости явлением Сверхновой — чрезвычайно огромной силы взрывом, приводящим к полному разрушению звезды (естественно, при очень близком таком явлении может произойти и смерть планетной системы). Радиация, образующаяся при таких взрывах, обладает огромной энергией, в миллионы раз превышающей энергию солнечных вспышек — от нескольких десятков миллионов до сотен миллиардов электронвольт. Возникающие при явлениях Сверхновых потоки частиц, летящих с околосветовой скоростью, как считают, и являются причиной галактических космических лучей, состоящих в основном из ядер атомов водорода (протонов), а также некоторого количества ядер атомов гелия (альфа-частиц) и совсем небольшого количества ядер более тяжелых элементов.

Защищаться от галактических космических лучей весьма сложно не только из-за их огромной пробивной способности, но и потому, что при увеличении толщины защитной оболочки опасность, как это ни парадоксально, возрастает. Оказывается, что галактические космические лучи вызывают ядерные реакции в защитной оболочке, причем чем толще эта оболочка, тем мощнее реакции и тем интенсивнее облучение космонавтов. К счастью, общая интенсивность галактических космических лучей сравнительно мала и не превышает 50—100 бэр в год. Однако если полет продолжается несколько лет, то за это время полученная космонавтами доза может привести к возникновению лучевой болезни.

МЕТЕОРОИДЫ

Космический корабль встретится на своем пути не только с потоками ионизирующих излучений и элементарных частиц. В космическом пространстве он может столкнуться с не менее грозным «сюрпризом» — ударом каменного или железного снаряда. Каждый такой снаряд может оказаться для него роковым. Что же это за снаряды, грозящие гибелью большому кораблю?

Это метеороиды*, несущиеся в космическом пространстве со скоростью до 73 километров в секунду. Родиной абсолютного большинства из них является Солнечная система, но некоторые пожаловали к нам из других звездных миров. При движении метеороида навстречу Луне скорость полета, так называемая начальная скорость, может быть очень значительной, достигая 72—73 километров в секунду. Эта скорость складывается из скорости движения метеороида вокруг Солнца, равной 42,6 километра в секунду, и скорости движения Луны, равной приблизительно 30 километрам в секунду. Если же метеороид двигался в том же направлении, что и Луна, то есть был «догоняющим», его начальная скорость будет равна 11,2 километра в секунду или несколько больше.

Среди метеороидов есть громадные тела (вплоть до астероидов) и ничтож-

* Лет 15—20 назад для их названия астрономы (а вслед за ними и ученые других отраслей знаний) использовали термин «метеорные тела», который впоследствии сами же посчитали неудачным. Дело в том, что раньше их изучали в основном как тела, вызывающие световое явление метеора или «падающей звезды» при прохождении земной атмосферы перед падением на нашу планету. Оставшиеся части тела после его разогрева и частичного разрушения в атмосфере, а также после удара о земную поверхность называют метеоритами (иногда это мельчайшие осколки некогда доволно крупного тела). Однако несколько де-

но малые частички — микрометеороиды (частицы размером менее 1 миллиметра) и космическая пыль — окончательно раздробленное вещество, размер частиц которого в поперечнике составляет несколько микрометров или даже долей микрометра. По составу метеороиды можно разделить на каменные, железные и железно-каменные. Химический состав каменных метеороидов встречается, судя по метеоритам, примерно в 10 раз чаще, чем железных.

Двигаясь в межпланетном пространстве, метеороиды невидимы с Земли, так как отражают слишком мало солнечного света. Около 99% всех метеороидов движутся по эллиптическим орбитам в основном в том же направлении, в каком происходит вращение самого Солнца и обращение всех планет вокруг нашего светила. Есть изолированные (спорадические) метеороиды, путешествующие в гордом одиночестве, но есть и целые потоки — рои. После второй мировой войны были разработаны радиолокационные методы наблюдения за метеорными потоками на небе. Таким путем были определены траектории некоторых потоков метеороидов и открыто много новых.

Радиолокационными методами потоки метеороидов могут наблюдаться в течение многих суток или нескольких часов. В межпланетном пространстве существуют потоки метеороидов

еще не известных на Земле, и предсказать, когда они появятся в поле видимости наземного радиолокатора, не представляется возможным.

Падающие на поверхность Луны метеороиды взрываются. Подобные взрывы на Земле передавались бы оглушительными раскатами грома. На Луне даже в том случае, когда взрыв произойдет в непосредственной близости, услышать его невозможно. Об этом взрыве можно только узнать по ослепительной вспышке (на Луне нет атмосферы, способной передать звуки) и значительному количеству разлетающихся в разные стороны осколков лунного грунта (реголита). Эти осколки, а также осколки метеороида, летящие со скоростью до 2 километров в секунду, представляют существенную опасность для персонала, находящегося на Луне.

Что представляет собой падение крупного пришельца из космоса, можно понять на примере знаменитого Тунгусского явления, случившегося 30 июня 1908 года в Якутии. Разрушения, обнаруженные на месте падения, дали основания некоторым писателям-фантастам принять упавшее тело за взорвавшийся атомный корабль жителя другой планеты.

В последнее время стало известно, что на земной поверхности могут находиться фрагменты лунного вещества, выброшенные с Луны в результате крупных ударных явлений. По-видимо-

сятков лет назад (в частности, в связи с началом космической эры) термин «метеорное тело» перестал удовлетворять некоторых ученых, писателей-фантастов и просто журналистов. Требовалось более компактное название, и поэтому в печати стали появляться выражения вроде «встречи космического корабля с метеоритом», а в специальной литературе — термин типа «противометеоритная защита» (они существуют и поныне!), что, с точки зрения астронома, абсолютно неверно. Ведь метеорит — это то, что уже упало и неподвижно! Метеорит совершенно безопасен: его можно потрогать руками или

даже взять в руки, если он достаточно мало весит. Но у самих астрономов более компактного названия не было, да они и сами понимали, что название «метеорное тело» не очень удачное, поскольку, скажем, при падении на Луну или просто при движении в космическом пространстве никаких явлений метеора не происходит. Вот поэтому и был введен термин «метеорид», близкий по названию к астероиду. Но последнее было сделано не случайно, ведь, как теперь допускают, самые крупные метеороиды могут представлять собой небольшие астероиды.— **Прим. ред.**

му, вполне допустим и обратный вариант, когда мощный взрыв ударного происхождения выбросил в околоземное пространство частицы вещества, достигшие Луны. В истории Земли предполагают существование отдельных периодов, когда падение крупных тел на ее поверхность было особенно интенсивным. Объектом поиска на Луне может стать поэтому слой реголита с возрастом около 65 миллионов лет. В истории Земли этому времени соответствует одна из крупнейших экологических катастроф, которая привела к гибели более половины видов животных и растений, в том числе таких животных, как динозавры.

Удар метеороида может привести к повреждению конструкции космического корабля, возникновению пожара, а также к разгерметизации кабины. Столкновение с мелкими частицами вызывает повреждение наружной поверхности корабля и изменение ее оптических свойств. Чем больше площадь корабля и время полета, тем вероятнее встреча с частицей, способной пробить обшивку.

Традиционный вопрос: «Может ли космический корабль столкнуться в полете с метеорным телом?»

Традиционный ответ: «В принципе может, но вероятность этого чрезвычайно мала».

Вообще говоря, датчики космических аппаратов регистрировали факт попадания метеороидов и получали осязательные следы от их ударов. Правда, это случалось не на околоземных орбитах, а на более дальних траекториях космических аппаратов. С потоком метеороидов встретилась наша станция «Марс-1» на удалении более 20 миллионов километров от Земли в 1963 году. Но особенно «повезло» в этом смысле американской межпланетной станции «Маринер-4». Ей довелось встретиться с потоками метеороидов дважды. Первая встреча произошла в сентябре 1967 года, когда в те-

чение 7 минут было зарегистрировано 17 ударов. Но более серьезное испытание произошло примерно через 3 месяца: она попала в мощный поток метеороидов и находилась в нем несколько суток. На станцию обрушились сотни ударов. Под действием этой бомбардировки была нарушена ориентация станции и связь с ней. В действительности по расчетам вероятность сколько-нибудь неприятной встречи оценивается для орбитальных кораблей и станций так: встреча с метеороидом, способным пробить обшивку, может быть раз в течение 50—100 лет. Разумеется, это средние данные, но кораблю может «повезти», и в него угодит космический камешек в самом начале полета. Не будем же мы довольны тем, что следующий «сюрприз» будет только лишь через несколько десятилетий.

Для решения проблем, возникающих при встрече с метеорными телами, большое внимание уделяется исследованию явлений, возникающих при ударе. В настоящее время имеется несколько теорий, объясняющих действие удара частицы, движущейся с большой скоростью. Есть установки, позволяющие проводить испытания в наземных условиях. Что же показали эксперименты на установках?

Оболочка корабля должна быть многослойной. При ударе по первому слою метеороид мгновенно нагревается и распадается на более мелкие осколки. Второй оболочке уже приходится противостоять частичкам, обладающим меньшей массой и скоростью полета. Железный метеороид способен пробить стальную оболочку корабля толщиной в 5—6 раз большей его диаметра, а каменные тела не пробьют эту оболочку, если ее толщина в 2 раза больше диаметра «камешка». Конечно, не всякое такое столкновение приведет к катастрофе. Образовавшуюся пробоину можно закрыть пластырем, можно также покрыть

стенки кабины специальным протектирующим слоем, который способен заткнуть отверстие.

Еще одно важное обстоятельство, которое необходимо учитывать. Пробой обшивки пилотируемого космического аппарата таких размеров, как наш «Салют», не приведет к немедленной разгерметизации жилых отсеков. При образовании отверстия размером около 2 квадратных миллиметров запаса воздуха хватит на 1 сутки, а пробоина в 6 квадратных миллиметров оставляет в резерве 9 часов. Щель в 40 квадратных миллиметров все же позволила бы космонавтам надеть скафандры, дав в их распоряжение 1,5 часа. Таким образом, опасность хотя и мала, но существует, и не считается с этим нельзя.

Однако и любое обычное земное путешествие всегда сопряжено с какими-нибудь опасностями. Мало ли что непредвиденного может случиться в пути с самим путешественником, и с транспортом, каким он пользуется. Полеты в космос — дело сложное и, конечно, опасное. Задача, очевидно, состоит в том, чтобы в случае возникновения аварийной ситуации спасательные средства оказались на высоте и жизнь космонавтов была сохранена.

Как попасть на Луну

В природе существует закон всемирного тяготения (или гравитации) открытый Ньютоном, по которому тела притягиваются друг к другу с силой, пропорциональной произведению их масс и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними. Чем больше и массивнее тело, тем сильнее оно притягивает окружающие предметы. Мы не замечаем, как притягиваемся друг к другу, так как наша масса ничтожна. А вот как Земля, колоссальная массивная громада, тянет к себе решительно все — очень хоро-

шо ощущаем в повседневной жизни.

Наука еще не сумела до конца выяснить причину возникновения силы тяжести, ее происхождение и природу. С увеличением расстояния тела от земной поверхности сила тяжести уменьшается. Так, на расстоянии одного земного радиуса от поверхности Земли сила тяжести уменьшится в 4 раза, а на расстоянии трех радиусов — в 16 раз. Луна меньше Земли, и потому сила притяжения там меньше и составляет $1/6$ земного притяжения. Тело, весящее на Земле 72 килограмма, будет весить на Луне только 12 килограммов. На самой большой планете Солнечной системы, Юпитере, сила притяжения больше, чем на Земле, в 2,5 раза.

Но стоит телу перейти определенный рубеж, как силы земного тяготения оказываются не в состоянии удержать его. Более мощные силы солнечного тяготения заставляют тело «падать», но теперь уже к Солнцу. Эта невидимая граница лежит на расстоянии примерно 940 000 километров от Земли. Луна тоже находится внутри сферы земного тяготения, ведь и она спутник Земли, но только не искусственный, а естественный, природный. Сфера лунного тяготения во всем сходна с земной, но только меньше по размерам, как и подobaет скромному спутнику Земли. Радиус этой сферы 66 280 километров от Луны. Если считать, что Солнце и ближайшая к нам звезда, Альфа Центавра, обладают одинаковыми полями тяготения, то граница сферы солнечного тяготения пройдет как раз на полпути между обеими звездами. Поэтому сферу солнечного тяготения можно условно считать сферой радиусом примерно 15 тысяч миллиардов километров, в центре которого находится Солнце.

Как же далеко простирает Солнце свое действие?

Чтобы сообщить телу некоторую скорость, мы должны его бросить,

толкнуть: чем больше сила толчка, тем больше и скорость. Используя скорость, приобретенную при разбеге, и упругую силу мышц, спортсмен преодолевает планку, установленную на высоте более 2 метров. Пуля, выпущенная из винтовки, поднимается вверх на несколько километров. Для того чтобы искусственный спутник вращался вокруг земного шара и не падал на его поверхность, необходимо, чтобы на заданной высоте орбиты его вес был равен центробежной силе.

Если бы у поверхности Земли отсутствовала атмосфера, то, сообщив некоторому телу горизонтальную скорость 7912 метров в секунду, можно было бы сделать его искусственным спутником Земли, вращающимся по круговой орбите у самой ее поверхности. Эту скорость называют первой космической скоростью, или круговой скоростью*. Если начальная скорость больше круговой, орбита спутника превратится в эллипс с фокусом в центре Земли. С увеличением начальной скорости эллиптическая орбита будет вытягиваться. При начальной скорости, равной 11,19 километра в секунду, произойдет новое качественное изменение орбиты — замкнутая кривая эллипс превратится в кривую линию — параболу. При такой начальной скорости спутник совсем уйдет прочь от Земли и никогда не возвращается обратно. Эту скорость называют второй космической скоростью. При дальнейшем увеличении начальной скорости спутник летит по гиперболической орбите. Достигнув третьей космической скорости — 16,65 километра

в секунду, он полностью освобождается от действия полей тяготения Земли и Солнца и уходит за пределы Солнечной системы.

Сфера, радиус которой условно принимается за предельное расстояние действия силы тяготения Земли, как уже говорилось, лежит далеко за пределами орбиты Луны (940 000 километров). Поэтому для полета на Луну можно ограничиться меньшей скоростью отлета от Земли (около 11,1 километра в секунду у поверхности и 10,9 километра в секунду на высоте 200 километров; параболическая скорость на высоте 200 километров — 11,015 километра в секунду). Время полета до ближайшей окрестности Луны в этом случае около 4,74 суток. При стартовых скоростях 10,93 и 10,96 километра в секунду полет продолжается 3,5 и 2,6 суток соответственно.

Полеты человека на Луну

Полеты человека на Луну в принципе могут происходить по тем же траекториям, что и полеты автоматических станций. Однако требования безопасности заставляют отдавать предпочтение исключаящим попадание в ночное светило. Поэтому траектория космического корабля к Луне рассчитывается так, чтобы он пролетел на расстоянии нескольких десятков километров от Луны. В наиболее же близкой к Луне точке траектории тормозной импульс превращает корабль в искусственный спутник Луны. При дальнейшем снижении скорости полета происходят снижение и посадка корабля на поверхность Луны. В случае если на лунной орбите возникнет аварийная ситуация, корабль может вернуться обратно. Для этого нужно будет разогнать его до скорости, достаточной для полета на Землю, то есть до 2,38 километра в секунду. При

* Круговая скорость и период обращения спутника изменяются в зависимости от высоты орбиты. Например, при высоте $H=1000$ километров круговая скорость составляет 7,33 километра в секунду, а период обращения — 105 минут, а при $H=35\ 870$ километров круговая скорость равна 3,07 километра в секунду, период обращения — 1440 минут (24 часа).

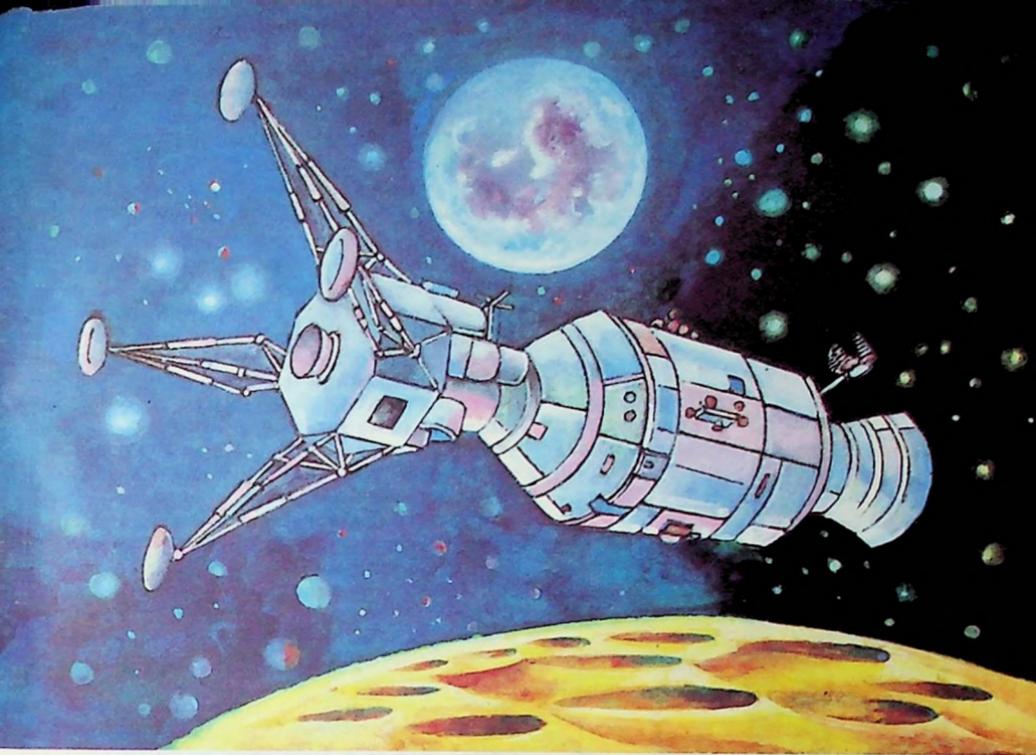


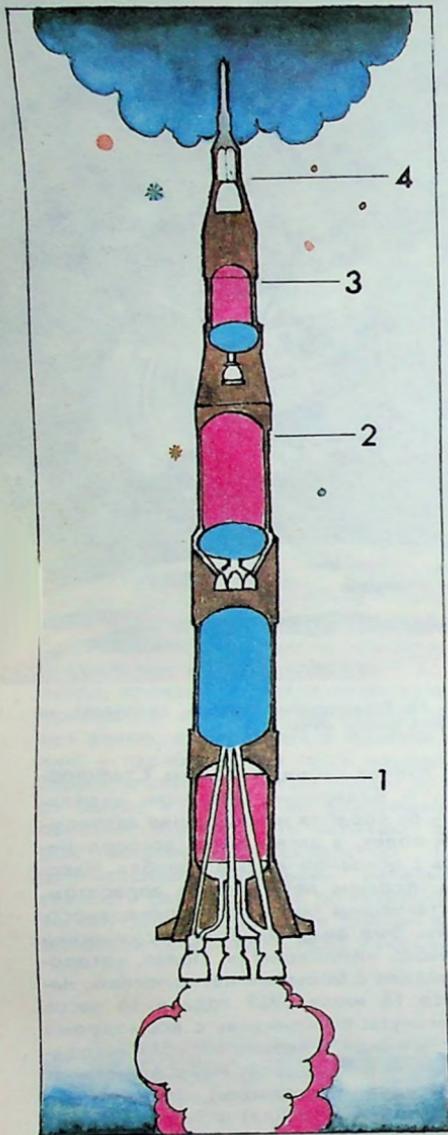
Рис. 18. Космический корабль «Аполлон» на орбите вокруг Луны

такой скорости отлета с Луны космический корабль после 5 суток полета войдет в земную атмосферу со скоростью, равной скорости отлета с Земли на Луну по аналогичной траектории.

Первым летательным аппаратом, доставившим человека к Луне, стал американский космический корабль «Аполлон-8», стартовавший с Земли в конце 1968 года. Его экипаж Фрэнк Борман (командир экспедиции), а также Джеймс Ловелл и Уильямс Андерс. Корабль «Аполлон-8» облетел Луну и вернулся на Землю. В 1969 году к Луне отправился еще один американский корабль, «Аполлон-10» с экипажем: Том Стаффорд (командир экспедиции), Джон Янг (пилот корабля), Юджин Сернан (пилот лунной кабины). Это было генеральной репетицией посадки человека на Луну, в ходе кото-

рой лунная кабина с Томом Стаффордом и Юджином Сернаном отделилась от корабля и совершила автономный полет, а затем вновь воссоединилась с основной частью корабля. Наконец, первым летательным аппаратом, доставившим человека на поверхность Луны, был американский космический корабль «Аполлон-11». Полет, которого ждали с большим нетерпением, начался 16 июля 1969 года в 16 часов 32 минуты по Гринвичу с космодрома им. Кеннеди. В кабине корабля находились три космонавта: Нейл Армстронг (командир экспедиции), Майкл Коллинз (пилот корабля) и Эдвин Олдрин (пилот лунного экспедиционного аппарата) (рис. 18, 19).

Рис. 19. Ракета-носитель «Сатурн-5»: 1 — первая ступень; 2 — вторая ступень; 3 — третья ступень; 4 — КК «Аполлон»



21 июля в 5 часов 56 минут на поверхность Луны вступил первый человек — Нил Армстронг, затем к нему присоединился Эдвин Олдрин. Одетые в скафандры с автономной ранцевой системой жизнеобеспечения, космонавты осмотрели свой корабль снаружи, установили телевизионную камеру на треножнике, разместили несколько измерительных приборов на лунной поверхности, собрали 22 килограмма образцов лунных пород. Они оставили на Луне 6 медалей с изображением погибших космонавтов: Ю. А. Гагарина, В. М. Комарова, П. И. Беляева, В. Гриссома, Э. Уайта, Р. Чаффи. В 8 часов в кабину вернулся Олдрин, а через 10 минут — Нил Армстронг. Покидая Луну, космонавты оставили на ней телевизионные аппараты и фотокамеры, инструменты для сбора лунных камней, ранцевые системы жизнеобеспечения и другое снаряжение. 21 июля в 20 часов космонавты стартовали с Луны, пробыв на ней 21 час 36 минут, а 24 июля в 19 часов 50 минут «Аполлон-11» приводнился в Тихом океане к юго-западу от Гавайских островов. Так завершился полет на Луну.

Вот что говорил об удивительном лунном мире Нил Армстронг: «Из лунной кабины небо казалось черным, но на Луне было светло, как днем, и поверхность ее была рыжевато-коричневой. При ходьбе по Луне не приходилось затрачивать особых усилий. Правда, поверхностный рыхлый слой несколько препятствовал свободному передвижению — скользили ноги. Чтобы не потерять равновесия и не упасть, приходилось передвигаться, наклонившись вперед. Конечно, в условиях лунного притяжения хочется прыгать вверх. Свободные прыжки возможны

на высоту до одного метра. Прыжки на большую высоту часто заканчивались падением. Наибольшая высота прыжка составляла два метра. Олдрин прыгнул до третьей ступеньки лестницы лунной кабины. Падения не имели неприятных последствий. Скорость их настолько мала, что нет оснований опасаться каких-либо травм» (рис. 20).

После «Аполлона-11» в США было проведено еще 6 запусков космических кораблей к Луне («Аполлон-12, -13, -14, -15, -16 и -17»), из которых 5 сопровождалась посадкой на Луну. Затем полеты на Луну были прекра-

щены, так как США сосредоточили внимание на околоземном космосе и исследовании планет.

Пребывание двух космонавтов на Луне в каждой экспедиции сопровождалось их двух- или трехкратным выходом на поверхность для установки научной аппаратуры, проведения экспериментов, сбора образцов минералов. При полете «Аполлона-14» в распоряжении космонавтов имелась ручная тележка, а начиная с полета «Аполлона-15» — вездеход массой 208 килограммов, способный передвигаться со скоростью 13 километров в час, обладающий ходом до 92 километров и выдерживающий нагрузку до 490 килограммов. Шесть экспедиций доста-

Рис. 20. Лунная кабина на поверхности Луны



вили на Землю около 400 килограммов образцов лунных пород. Чуть было не трагически закончился полет корабля «Аполлон-13». 14 апреля 1970 года на пути к Луне при расстоянии от Земли 330 000 километров вследствие неисправности электропроводки в служебном отсеке произошел взрыв кислородного бака, который питал топливные элементы и систему жизнеобеспечения. Вышли из строя все 3 топливных элемента, служивших источником электроэнергии и питьевой воды. В режиме крайней экономии, проявив большое мужество и выдержку, космонавты смогли благополучно закончить полет.

Всего к Луне совершили полеты 24 космонавта, из них вступили на Луну 12.

Затраты на каждую лунную экспедицию составляли около 400 миллионов долларов (в том числе 185 миллионов долларов — стоимость ракеты-носителя и 95 миллионов долларов — корабля «Аполлон»). Стоимость всей программы «Аполлон» с учетом теоретических и экспериментальных работ оценивается в 25 миллиардов долларов (все в ценах 1972 года).

На Луну с двумя посадками

Какие транспортные средства будут доставлять людей на лунную поверхность в будущем?

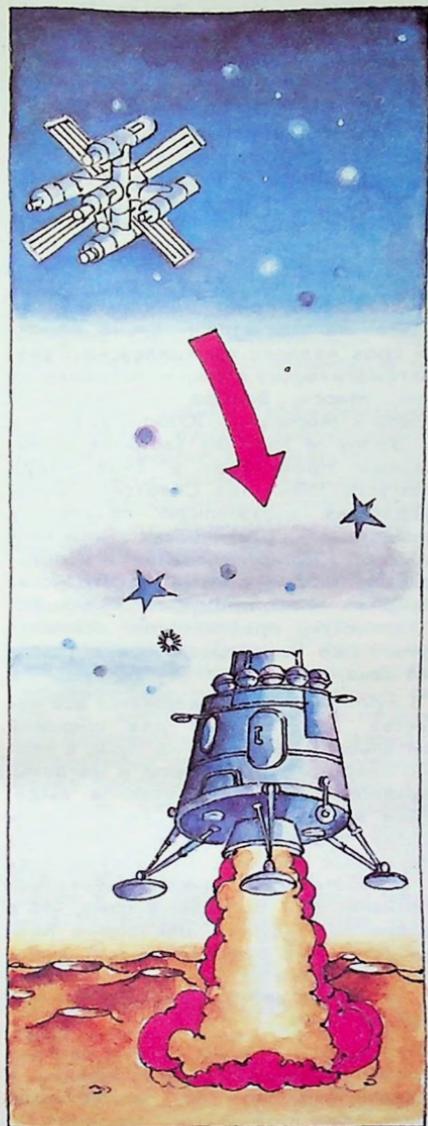
Для перевозки большого количества людей и грузов лучше всего воспользоваться воздушно-космическим самолетом с турбопрямоточными двигателями и ЖРД, которые выведут его на круговую орбиту. После непродолжительного полета самолет приблизится и пристыкуется к орбитальной станции. Она будет представлять собой комплекс из отдельных отсеков, напоминающий небольшой город, и будет находиться в состоянии непрерывной

Рис. 21. Лунный экспедиционный аппарат: А — посадка экспедиционного аппарата; Б — взлет экспедиционного аппарата

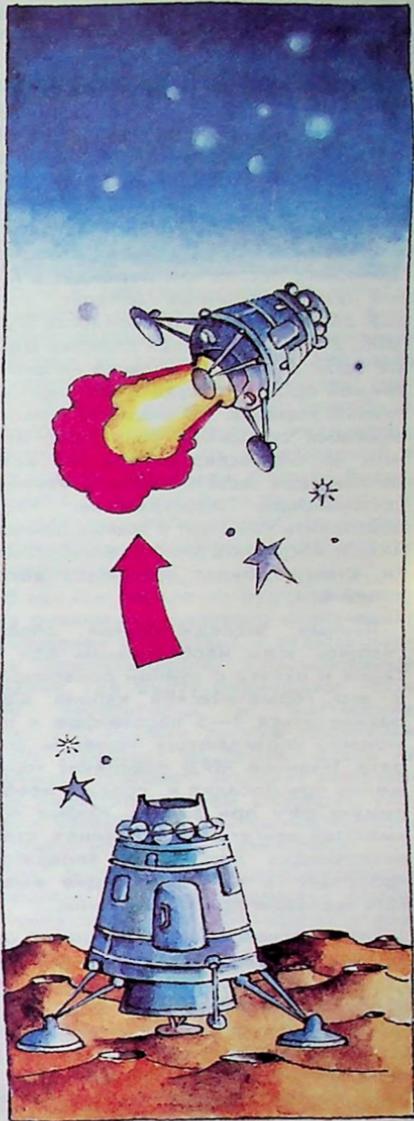
перестройки и расширения подобно тому, как это происходит на Земле. К орбитальной станции могут пристраиваться научно-исследовательские лаборатории, каждая из которых будет укомплектована штатом научных работников. Кроме помещений для пересадки пассажиров, направляющихся к Луне, и для выполнения научной работы по исследованию космического пространства, третью группу сооружений станции будут составлять служебные отсеки, необходимые для поддержания работоспособности самого комплекса, ремонта, связи и т. д.

Научная целесообразность долговременной станции не вызывает сомнений, поскольку ее появление на орбите открывает принципиально новые возможности в решении фундаментальных задач происхождения и эволюции Солнечной системы, включая проблемы ранней истории Земли, позволяет использовать качественно новые средства изучения ближнего и дальнего космоса, проводить уникальные эксперименты в области физики, химии, биологии, во многих направлениях других прикладных наук.

Итак, некоторые пассажиры космического самолета закончат свое путешествие на орбитальной космической станции, а другие продолжат свой путь в лунном космическом корабле. Этот корабль на большей части своей траектории будет ускоряться, затем развернется на 180° для торможения и перехода на орбиту спутника Луны. При этом расстоянии до Луны в 380 тысяч километров будет продолжаться 12 часов. Вес пассажиров во время полета будет составлять десятые доли их нормального веса на Земле. В герметической кабине лунного корабля может поддерживаться нормальное атмосферное давление, газо-



A



вый состав будет таким же, как и на Земле (21% кислорода и примерно 78% азота).

Даже при очень совершенных двигательных установках космический корабль не сможет совершить посадку на поверхность Луны без наличия специального посадочного аппарата. Вместо посадки космического корабля можно предусмотреть его встречу с окололунной орбитальной станцией, после чего пассажиры перейдут в лунный экспедиционный аппарат, который доставит их на поверхность Луны (рис. 21). Окололунная станция меньше орбитального комплекса на околоземной орбите, откуда взял старт наш лунный корабль. По аналогии с околоземными станциями она будет мощным научно-исследовательским комплексом для всестороннего изучения космического пространства. Чтобы обеспечить комфорт в жилых помещениях и исключить действие невесомости, станция будет вращаться вокруг воей оси.

Лунный экспедиционный аппарат снабжен всем необходимым для посадки и взлета с лунной поверхности. В его герметической кабине могут разместиться 3—5 пассажиров и космонавт, управляющий полетом аппарата. Наличие ЖРД обеспечит торможение при посадке и создаст необходимую тягу при взлете. Кроме того, имеются двигатели управления, стабилизирующие положение аппарата в пространстве и позволяющие выполнять маневры при прилуннении.

Для транспортировки грузов с поверхности Луны на Землю может быть принята такая система: с Луны стартует грузовой корабль, который, выйдя на заданную орбиту, стыкуется с кораблем, совершающим рейсы между Луной и Землей. После завершения стыковки контейнер с грузом переносится в корабль, а грузовоз возвращается на свой лунодром. Приняв таким образом несколько грузовозов, корабль

разгоняется и летит к Земле. На околоземной орбите произойдет стыковка корабля с ожидающим его здесь воздушно-космическим самолетом, который доставит груз на Землю.

Лунный индустриальный комплекс

Почти три десятилетия отделяют нас от того момента, когда первый человек совершил полет по космической орбите. За этот сравнительно короткий срок человек высадился на Луну, а автоматические станции побывали на Луне, Марсе, Венере и совершили полеты к Меркурию, Юпитеру, Сатурну, Урану и Нептуну (встреча с последним произойдет в 1989 году). В августе 1986 года Советский Союз предложил трехэтапную программу совместных практических действий государств по исследованию и использованию космического пространства в мирных целях, предусматривающую, в частности, практическое освоение Луны уже в первые десятилетия XXI века.

В лунном грунте содержатся все вещества, необходимые для широкой деятельности человека на Луне, в первую очередь это кислород и металлы. Технология выплавки металлов, выделения воды, получения кислорода и других элементов из лунных пород уже сейчас обстоятельно обсуждается и отрабатывается экспериментально специалистами. Все идет к тому, что в недалеком будущем некоторые производственные процессы будут вынесены не только на околоземные орбиты, но и на небесные тела, прежде всего на Луну.

В данное время мы просто не в состоянии предвидеть самых важных и крупных благ, которые человечество приобретает в результате освоения того совершенно нового мира, каким для него является Луна. Стоит только

вспомнить, что Колумб и его последователи, открывшие Америку, не имели никакого представления о том, что произойдет в результате их географических открытий,— их мечтой было золото. Говоря о лунных базах и способах получения металлов из лунного грунта, уместно обратить внимание наших читателей на то, что вопрос об освоении ресурсов нашей соседки диктуется не только настоятельной необходимостью получения ископаемых, но и выносом за пределы Земли целого ряда энергоемких производств, которые самым губительным образом действуют на окружающую среду.

С точки зрения территориального размещения лунный индустриальный комплекс может охватывать три зоны или области: лунную промышленную зону, селеноцентрическую промышленную зону, промышленную зону точки либрации.

Лунная промышленная зона является основой всего индустриального комплекса и располагается на поверхности Луны. В состав лунной промышленной зоны войдут сырьевая база, производственный сектор и системы жизнеобеспечения. Рассматриваются разные варианты организации лунной базы. Очевидно, более простой путь следующий. После того, как выберут подходящее место для базы, на лунную поверхность доставляют механизмы, которые подготовят строительную площадку. Затем к ним будут добавлены жилые модули, которые специальное транспортное устройство установит в подготовленное углубление, с тем чтобы, засыпав слоем грунта, обеспечить его защиту от радиационных излучений, перегрева в дневное время и быстрого переохлаждения ночью.

Лунный реголит можно использовать при сооружении различных построек. Не исключено, что мелкая лунная пыль, в избытке встречающаяся на поверхности, послужит материа-

лом для изготовления лунобетона.

Несмотря на определенное сходство по структуре с земной экономикой, лунная сырьевая база имеет ряд нетрадиционных особенностей, вытекающих из характера производства в лунных условиях. Так, добыча сырья, по крайней мере на первом этапе индустриализации Луны, будет осуществляться открытыми разработками, а основой технологии обогащения руд, получения материалов составят электрические и электрохимические методы. Конечно, все машины должны быть приспособлены для работы в условиях вакуума и значительного перепада температур. Это обстоятельство требует особых сооружений, способных выдерживать значительное внутреннее давление и удерживать заключенный в них воздух. Идеальной формой будет, конечно, шар или цилиндр, способные обеспечить максимальную прочность и жесткость при минимальной затрате материалов.

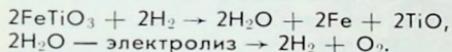
В лунном поселении будут сооружены различного целевого назначения: помещения для жилья и отдыха первых лунопроходцев, промышленные модули, где будут размещены научные лаборатории и мастерские (рис. 22). Первые лунные поселения будут строиться на Земле. Здесь их соберут, испытают, устроят замеченные недостатки, затем разберут, уложат в контейнеры, и мощные корабли доставят их к месту назначения.

Три основных породообразующих минерала на Луне содержат значительное количество кислорода в различных соединениях: пироксиды — 44%, плагиоклаз — 46%, ильменит — 32%. Известно, что лунные породы почти полностью обезвожены. Выказывались предположения, что в полярных областях, на внутренних склонах кратеров, никогда не освещаемых Солнцем, могут накапливаться метан, углекислый газ, сероводород и конденсированная вода.

Более перспективным с технологи-



ческой точки зрения признается способ получения водяных паров из лунных поверхностных пород, богатых ильменитом. При нагревании минерального сырья до температуры около 1000°C начинается восстановительный процесс, обеспечивающий получение кислорода (примерно 10% по весу). В условиях лунной среды восстановителем мог бы служить водород, которым насыщен лунный грунт в результате облучения протонами солнечного ветра. При использовании ильменитовых пород в качестве сырья побочным продуктом восстановительного процесса оказывается чистое железо. Ильменит относится к числу рудных минералов и до 20% его встречается в составе так называемых высококислотных морских базальтов Луны*:



Идею использования Космоса в металлургических целях выдвинул К. Э. Циолковский. Один из героев его фантастической повести «Вне Земли» говорит: «Тут (в космосе) можно роскошно производить всевозможные металлургические работы. По существу, неблагоприятные для металлургии условия мы имеем не на Луне, а на Земле, с ее плотной и насыщенной кислородом атмосферой...»**

Источником энергии для лунной базы в первую очередь может служить солнечное излучение. В течение лунной ночи можно пользоваться ядерной энергией, аккумуляторными батареями.

Реакция ядерного синтеза $\text{D} + {}^3\text{He} \rightarrow$

$\rightarrow (14,7 \text{ МэВ}) + {}^4\text{He}(3,6 \text{ МэВ})$ давно привлекает внимание исследователей как источник экологически чистой термоядерной энергии. Однако на Земле нет сколько-нибудь значительного источника изотопа гелия-3. Есть веские основания ожидать, что большое количество гелия-3 содержится в поверхностном слое лунного реголита. Ученые предполагают, что в лунном грунте толщиной до 5 метров имеется около 1 миллиона тонн гелия-3. Для его извлечения достаточно подогреть грунт на несколько сот градусов*.

Принципиальное отличие от наземного будет иметь и транспорт, действующий в лунной промышленной базе. В связи с малыми гравитационными силами, большим температурным перепадом и вакуумом окружающего пространства наиболее распространенными могут стать подвесные дороги, транспортеры, электровозы на рельсовом пути, гусеничные вездеходы.

Как обеспечить нормальные жизненные условия человеку, оказавшемуся на Луне? Там ведь нет атмосферы, в течение двух недель немилосердно палит Солнце, а ночью температура опускается до -150°C .

Единственный путь — это создать в жилых помещениях «земные условия» — атмосферное давление и состав воздуха, такие, как на поверхности Земли. Очевидно, на лунной базе будет применена система жизнеобеспечения (СЖО), при которой продукты жизнедеятельности регенерируются и снова утилизируются. Жизнедеятельность человека протекает следующим образом: что выделяется, то и поглощается, а что поглощается, восстанавливается и может быть использовано. Двигателем этого процесса является солнечная энергия. Выделения орга-

* См.: Шевченко В. В. Быть Луне обитаемой? // Земля и Вселенная. — 1987. — № 2.

** Циолковский К. Э. Вне Земли. — Калуга, 1920

* Подробнее об этом см.: Природа. — 1987. — № 3. — С. 105—106.

низма могут пойти на выращивание растений, которые употребляются человеком в пищу. Растения, поглощая углекислый газ и солнечную энергию, будут вырабатывать кислород.

Идея создания космического огорода была в свое время высказана К. Э. Циолковским весьма образно: «Люди будут портить воздух и поедать плоды, а растения будут очищать воздух и производить плоды. Человек будет возвращать в полной мере то, что он похитил от растений: в виде удобрений для почвы и воздуха...». Общий итог из расчетов калужского мечтателя таков: 1 квадратный метр оранжереи, обращенной к солнечному свету, теоретически обеспечит все питание человеку.

В научных учреждениях и в печати сейчас широко обсуждаются принципы выбора растений для включения в звено замкнутой экологической системы. Прежде всего эти растения должны быть высокоурожайными и качественно удовлетворять потребности человека в пище. Немалое значение имеет совместимость всех выбранных растений между собой и с человеком. Необходимо также учитывать технологическую особенность приготовления из них пищи.

В космическом огороде могут выращиваться соя, сахарная свекла, картофель, фасоль, морковь, щавель, салат, лук, редис, петрушка, перец сладкий, капуста пекинская, удовлетворяющие потребность человека в белках, жирах, углеводах и витаминах.

Стратегия при выборе размера «посевной площади» должна быть построена так, чтобы производство не отставало от потребления («Есть пирог так, чтобы он оставался целым»).

Специальные требования по световому режиму будут предъявлять лунные оранжереи. Для их обеспечения в период лунной ночи придется иметь значительные резервы энергии, запасенной днем. Как повлияет пониженная сила тяжести на растения?

Можно ожидать, что растения на Луне (конечно, в закрытых оранжереях) будут вырастать гораздо более крупными, чем на Земле. Питательные соки из почвы смогут на Луне подниматься по стеблям быстрее, выше и в больших количествах. Наверное, по этим же причинам на Луне будут вырастать более крупные плоды на растениях.

Будут ли взяты для обитателей лунной базы животные, пока сказать трудно. Высказываются предположения об использовании в качестве пищи для космонавтов кроликов, птиц или рыб. Некоторые ученые советуют захватить с собой простейшие организмы. Они очень неприхотливы и дают высококачественное мясо. Сейчас приблизительно 2/3 человечества придерживаются вегетарианской диеты. В рационе китайцев лишь 2—3% блюд, имеющих животное происхождение. Значительная часть населения Индии является сторонниками исключительно растительной пищи, вероятно, уже несколько тысячелетий.

Собрав, разжевав и проглотив несколько десятков видов трав, наша буренка ухитряется превратить их во вполне доброкачественное молоко и мясо. Хотя специалисты считают, что человек должен получать около 50% белка растительного и около 50% — животного происхождения, в принципе вовсе не обязательно питаться тем и другим. Важно лишь, чтобы человек вместе с пищей получал достаточно сбалансированный по аминокислотной композиции белок.

Известные способы регенерации воды из влагосодержащих продуктов жизнедеятельности человека можно

* Циолковский К. Э. Исследования мировых пространств реактивными приборами (переиздание работ 1903 и 1911 гг. с некоторыми изменениями и дополнениями). — Калуга, 1926.

подразделить на физико-химические и биохимические, физико-химическими способами регенерируют воду перегонкой при атмосферном давлении или в вакууме, мокрым сжиганием*.

Полное отсутствие атмосферы, немилосердно палящее Солнце, раскаленная до 130°С лунная поверхность — вот некоторые факторы, с которыми встретится человек, оказавшийся на поверхности Луны. Но к этому еще следует добавить такие «сюрпризы», как излучение солнечных вспышек и встреча с метеороидом. Какое же снаряжение следует надеть, чтобы не только выйти на поверхность Луны, но и передвигаться по ней и выполнить заданную работу?

Поставленным требованиям отвечает скафандр, но это должен быть специальный скафандр, снабженный системой жизнеобеспечения для подачи кислорода, создания избыточного давления, поглощения продуктов дыхания. Скафандр должен иметь источник электрической энергии и радиостанцию для связи с базой, обеспечивать подвижность для выполнения заданного объема работ. Скафандр скафандру рознь. Оранжевый скафандр Юрия Гагарина здесь не применим. Куда сложнее был скафандр Алексея Леонова — первого человека, побывавшего в открытом космосе. Но и такой скафандр не наденешь для прогулок по лунной поверхности.

Лунный скафандр имеет более 10 оболочек. Только такая многослойная конструкция может спасти человека от ужасного холода в течение лунной ночи. Защититься от лунного зноя еще труднее. Поэтому космонавт наденет на тело еще костюм с водяным охлаждением, по трубкам которого течет вода. На ногах особые ботинки,

тоже многослойные. Масса такого скафандра с наспинным ранцем превышает 90 килограммов, так что на Земле в нем не очень разгуляешься. Прозрачная часть шлема должна быть изготовлена из ударопрочного материала, выдерживающего значительные температуры. В шлеме необходимо предусмотреть приспособление для приема жидкой пищи и воды.

Конечно, Луна еще в течение нескольких десятилетий будет объектом чисто научного интереса, наглядной моделью геологического прошлого Земли и близкой к идеалу базой для астрономических исследований. Не исключено, что Луна со временем станет заправочной базой для межпланетных кораблей, а может быть, и главным межзвездным космопортом Земли. Но куда важнее, что Луна — кладезь всевозможных ресурсов. К тому же лунная индустрия вовсе не будет убыточной. Специфические условия на Луне позволяют организовать производство на базе радикально новой технологии, применение которой на Земле исключено. Эта технология столь нова, столь необычна и сулит такую революцию в производственной сфере, что ее значение без какого-либо преувеличения можно ставить в один ряд с изобретением колеса.

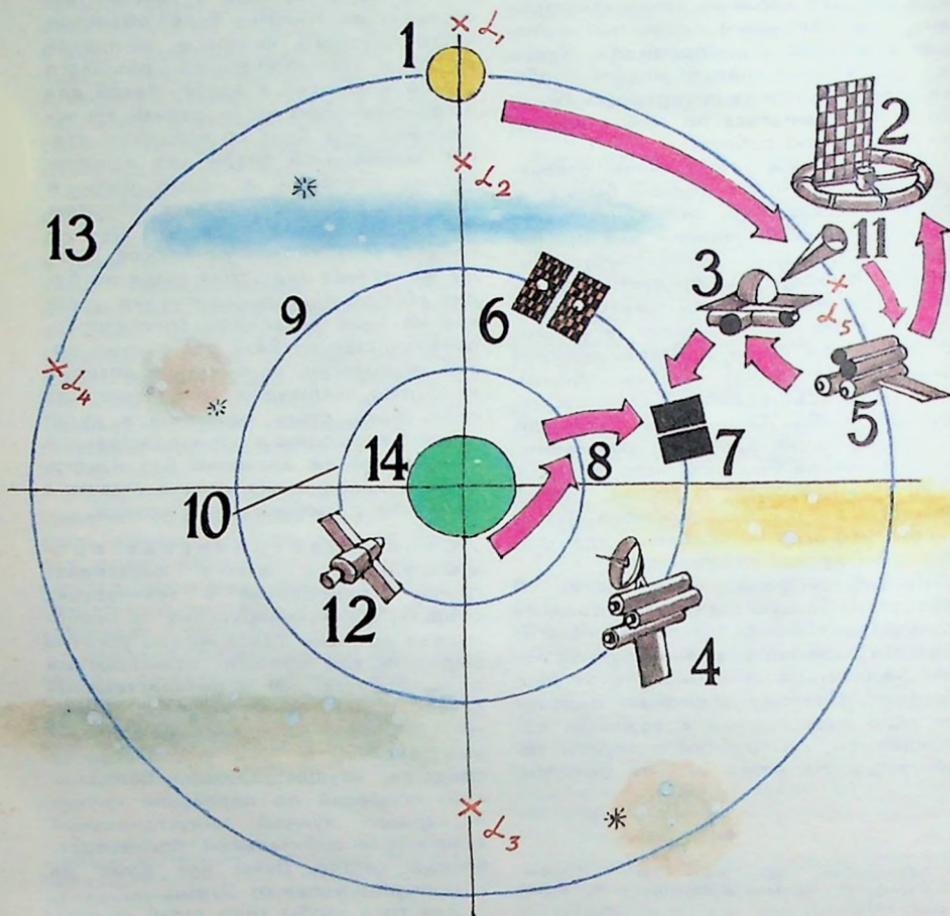
Селеноцентрическая промышленная зона охватывает группу предприятий и технических средств, функционирующих на окололунных орбитах. Здесь можно условно выделить три области: транспортный пояс, орбитальный производственный сектор и энергетический пояс. Транспортный пояс выполняет межзональные задачи. В нем располагаются средства, осуществляющие большинство операций по перевозке грузов на трассе лунный индустриальный комплекс — орбитальный производственный сектор Луны или даже на траекторию ухода от Луны.

Для того чтобы тело стало спутни-

* Подробнее об этом см.: Уманский С. П. Человек в космосе.— М.: Воениздат, 1970.

Рис. 23. Промышленная база точек либрации: L_1, L_2, L_3, L_4, L_5 — точки либрации; 1 — Луна; 2 — космическое поселение; 3, 4, 5 — сборочные базы; 6 — солнечная космическая электростанция; 7 — монтажная площадка; 8 — доставка агрегатов на монтажную площадку; 9 — промежуточная орбита; 10 — околоземная орбита; 11 — приемник посылок; 12 — околоземная орбитальная станция; 13 — орбита Луны; 14 — Земля

ком Луны, ему надо сообщить не такую уж большую скорость, всего 1,8 километра в секунду. Это в 4,4 раза меньше орбитальной скорости у поверхности Земли. Ту же установку можно использовать для транспортировки различных грузов и накопления их в определенном месте окололунного пространства. Использование электромагнитного поля для разгона грузов



представляется весьма заманчивым способом. Однако по современным представлениям, это должны быть довольно громоздкие сооружения.

Орбитальный производственный сектор является дополнением к основному производству, осуществляемому на поверхности Луны. В нем находятся предприятия, на которых изготавливаются материалы, полуфабрикаты и изделия, требующие невесомости в качестве обязательного технологического условия. Основу энергетического пояса составляют орбитальные электростанции, преобразующие лучистую энергию Солнца в электрический ток. Вырабатываемая ими энергия используется предприятиями орбитального производственного сектора, промышленной базой точек либрации и частично передается на предприятия лунной промышленности в период нахождения их в тени, а также при пиковых нагрузках.

Промышленная зона точек либрации в предлагаемой структуре лунного индустриального комплекса предназначена для работ, связанных со сборкой, обработкой и введением в действие отдельных видов особо крупногабаритных космических объектов (рис. 23). В состав промышленной зоны точек либрации могут входить три автономных сектора: приема посылок, сборки (сборочная база) и транспортировки. Французский математик Лагранж доказал, что в любой системе двух небесных тел существует пять особых точек, где гравитационные силы скомпенсированы центробежной силой, возникающей при вращении этих тел вокруг общего центра масс. До начала космической эры сей факт представлял сугубо теоретический интерес. Теперь же точки Лагранжа (или точки либрации) фигурируют во многих проектах освоения Солнечной системы как место для постройки космических сооружений.

Грузы, вышвыриваемые лунной ка-

тапульты, поступают в приемник посылок, расположенный в точке либрации L_5 . Отсюда они поступают на завод полуфабрикатов, где автоматы изготавливают стандартизированные детали (листовой материал, профили, крепежные детали). На сборочной базе производится сборка крупногабаритных конструкций, а космические буксировщики транспортируют их к месту постоянного обитания. Здесь производится окончательная сборка и доводка.

Заканчивая этот раздел, необходимо отметить, что не следует рассматривать лунную базу просто как научный форпост типа антарктического. Луна должна стать «пробным шаром», на котором человечество научится жить вне Земли. В этом плане, например, автономность лунной станции, постепенный переход ее на полное самообслуживание становится самостоятельной и весьма перспективной задачей. Из трех задач, которые должны решаться на лунной станции, — научные исследования, создание новых технологий по добыче и переработке ископаемых и космическая адаптация — следует выделить третью задачу как наиболее важную в свете длительной перспективы. В политическом плане создание постоянно действующей базы на Луне совместными усилиями специалистов СССР и США (а возможно, и других стран) принесло бы результаты, которые трудно переоценить.

СОЛНЕЧНЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Одним из первых, кто указал на необходимость широкого использования лучистой энергии в космосе, был К. Э. Циолковский. В своей работе «Жизнь в межпланетной среде», законченной в 1920 году, он писал: «Электрический ток можно получить в эфире теми же разнообразными способами, как на Земле, непосред-

ственно с помощью солнечной теплоты, при посредстве термоэлектрических батарей. Последнее будет неэкономично, хотя со временем, может быть, найдут такие вещества для термоэлектрических батарей, которые всю теплоту Солнца будут превращать в электричество*.

Идею электроснабжения Земли с помощью космических солнечных электростанций путем передачи энергии по радиолучу, насколько известно, впервые высказал летчик-инженер Н. А. Варваров. В серии своих статей, опубликованных в журнале «Техника — молодежи» через 2,5 года после запуска первого искусственного спутника Земли, он писал: «...когда люди научатся передавать электроэнергию из космоса на Землю без проводов, то добно тому как сегодня осуществляется связь по радио, творческая мысль человека направит свои усилия на создание космических гелиоэлектростанций, снабжающих жителей Земли электроэнергией в неограниченном количестве**». Однако идея солнечной космической электростанции была конкретизирована и запатентована американским ученым П. Э. Глезером. В 1973 году он же предложил для космических электростанций стационарную орбиту***.

Сбор лучистой энергии Солнца в космосе, преобразование ее в электрическую для использования в народном хозяйстве имеют принципиальные преимущества по сравнению с ее улавливанием наземными установками. Среди них повышенный уровень солнечной радиации (38% солнечной

энергии отражаются атмосферой, 14% — поглощаются ею и только 48% достигают поверхности Земли), возможность развертывания в космосе сооружений грандиозных размеров, невесомость, минимальное влияние на окружающую среду. Солнечная постоянная на границе с атмосферой составляет около 1400 ватт на квадратный метр, а у земной поверхности только в южных районах СССР достигает 820 ватт на квадратный метр. Солнечная электростанция, расположенная на поверхности Земли, будет работать не более 2000 часов в году, а в космическом пространстве практически в течение всего времени она освещена Солнцем и может все это время вырабатывать энергию*.

Представьте себе космическую электростанцию на расстоянии 36 000 км от Земли. Период обращения такой станции вокруг Земли равен 24 часам. Запущенная в плоскости экватора, наклоненной к плоскости эклиптики на $23,5^\circ$, станция будет вращаться синхронно с планетой и как бы повиснет над одной точкой ее поверхности. Преобразование солнечной энергии в электрическую может осуществляться двумя путями: прямым преобразованием солнечного излучения с помощью полупроводниковых фотоэлектрических преобразователей и с помощью тепловых машин. В тепловых машинах излучение Солнца приводит в действие агрегаты, которые тем или иным способом преобразуют тепло в электрическую энергию. Способ передачи энергии на Землю у этих вариантов одинаков (рис. 24).

Основными элементами солнечной космической электростанции, использующей полупроводниковые фото-

* Циолковский К. Э. Жизнь в межзвездной среде.— М.: Наука, 1964.

** Варваров Н. А. // Техника — молодежи.— 1960.— № 3.— С. 34.

*** См.: Глезер П. Э. Перспективы спутниковой солнечной энергетики. ТИИЭР (Труды института инженеров по электронике и радиоэлектронике).— Т. 65.— № 8.— август 1977.

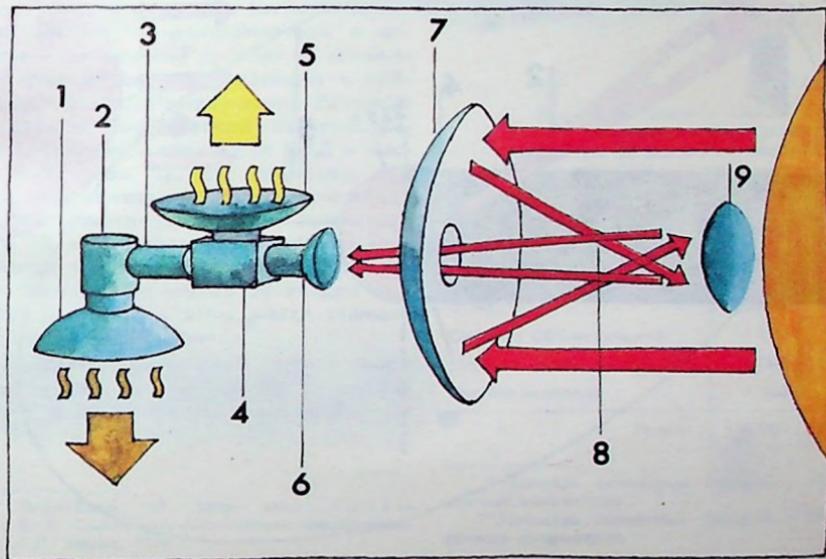
* Подробнее об этом см.: Ахметов Р. Б. Крупномасштабная солнечная энергетика// Земля и Вселенная.— 1985.— № 3.— С. 2—9.

электрические преобразователи (ФЭП), являются большие по площади солнечные батареи, на поверхность которых наклеены ФЭП, выполненные на основе кремния, арсенида галлия, сульфида кадмия. ФЭП обладает очень полезным свойством: если на пластинку этого вещества направить солнечные лучи, то в ней возникает электрический ток. Таким образом можно лучистую энергию Солнца превращать в электрическую энергию. Электрический ток поступает в генератор, где преобразуется в СВЧ-излучение и передается на Землю. На Земле СВЧ-

излучение принимается антенной, преобразуется в постоянный (переменный) ток и по проводам поступает к потребителям (рис. 25). Известно, что радиопередатчик, излучающий радиоволны, и приемник, улавливающий и использующий часть излучаемой энергии, являются примером беспроводной передачи энергии на большие расстояния. Но КПД такой электропередачи очень низок.

На работу ФЭП наибольшее влияние оказывают температура, плотность светового потока, уровень радиации. Особенно сильно воздействуют на ФЭП радиационные пояса Земли и солнечные вспышки. Для увеличения радиационной стойкости ФЭП используют кремний очень высокой чистоты с минимальными примесями инородных веществ, а также применяют прозрачные защитные покрытия. Фотоэффект в полупроводниках был открыт в селене (1876 год) и более века интенсивно исследуется в лабо-

Рис. 24. Принципиальная схема СКЭС, работающей на турботепловом — термодинамическом способе преобразования тепловой энергии в электрическую: 1 — антенна СВЧ; 2 — преобразователь СВЧ-излучения; 3 — генератор постоянного тока; 4 — турбина; 5 — излучатель; 6 — испаритель; 7 — приемник солнечной энергии; 8 — отраженная солнечная энергия; 9 — рефлектор



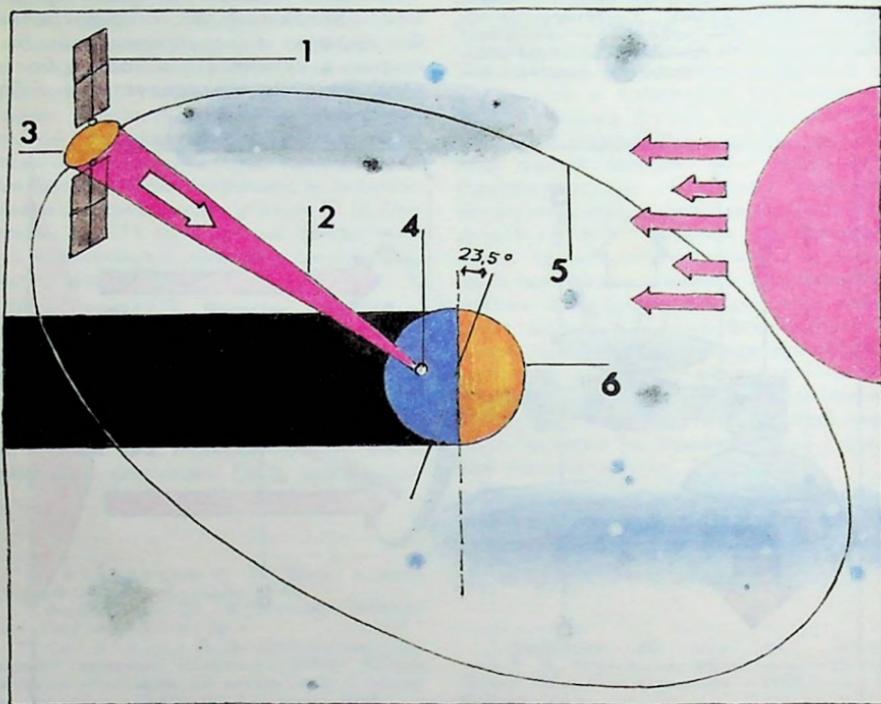
раториях и широко используется на практике.

Луч СВЧ-излучения, переданный солнечной космической электростанцией, может быть принят на большей части земной поверхности фактически во всех населенных пунктах. Таким образом, использование солнечной энергии для преобразования ее в электрическую есть не региональное, а глобальное решение энергетической проблемы. Система передачи энергии, размеры которой определяются СВЧ-

аппаратурой, обуславливают диаметр антенны станции в пределах 1—1,5 километра и диаметр наземной приемной антенны 10—14 километров. При таких размерах система способна передавать на Землю энергию мощностью 5—10 миллионов киловатт. Для того чтобы система была экономически выгодна, необходимо передавать максимально возможную мощность.

Космическая антенна СВЧ-излучения будет посылать на Землю мощный когерентный пучок электромагнитных волн на частоте около 3 гигагерц (длина волны примерно 10 сантиметров) на наземную антенну. Такое значение частоты обеспечит относительно слабое действие луча на атмосферу Земли и высокий КПД системы. Про-

Рис. 25. Солнечная космическая электростанция, использующая ФЭП: 1 — панели солнечных батарей; 2 — СВЧ-излучение; 3 — генератор СВЧ-излучения; 4 — приемная антенна на Земле; 5 — орбита станции; 6 — Земля



стой расчет показывает, что средняя плотность мощности в луче будет составлять около 10 милливольт на квадратный сантиметр. Максимальная плотность мощности (в центре луча) будет около 20 милливольт на квадратный сантиметр. В системах передачи энергии солнечных космических электростанций могут применяться СВЧ-приборы двух основных классов: электровакуумные и полупроводниковые. Из числа Электровакуумных приборов в качестве наиболее перспективных для солнечных космических электростанций рассматриваются магнетроны, амплитроны и клистроны. Реализуемый в амплитронах и магнетронах принцип преобразования энергии позволяет получать высокие КПД приборов данного типа (до 85—90%) и как следствие минимальные потери энергии*.

При передаче энергии на Землю СВЧ-излучение должно быть преобразовано в электрическую энергию. Здесь значительный интерес представляют полупроводниковые преобразователи. Приемная антенна, получившая название ректенны (от английских слов rectifier — «выпрямитель» и antenna — «антенна») состоит из множества элементов, поглощающих и преобразующих СВЧ-излучение. Размеры солнечной космической электростанции в основном зависят от КПД и массы ФЭП (табл. 6). Так, например, при КПД кремниевых фотоэлектрических преобразователей 15% для производства 10 миллионов киловатт электроэнергии потребуется площадь солнечных батарей не менее 50 квадратных километров. При этом масса станции составит 150 000 тонн.

Известно, что в 1985 году в мире было израсходовано около 10 миллиардов тонн условного топлива. Ученые

предполагают, что к 2000 году эта цифра удвоится. Таким образом, в каждом последующем году будет сжигаться примерно на 700 миллионов тонн условного топлива больше. Если принять, что солнечная космическая электростанция способна дать 50% этого количества, то для обеспечения роста потребления энергии необходимо ежегодно вводить в строй 35 станций мощностью 10 миллионов киловатт. При массе солнечной космической электростанции 150 000 тонн необходимо ежегодно доставлять на орбиту 4,25 миллиона тонн различных грузов, израсходовав при этом не менее 160 миллионов тонн топлива (52 500 полетов ежегодно).

Однако вывод о экономической целесообразности СКЭС был бы преждевременным. Дело в том, что прогресс науки и техники позволит резко увеличить эффективность ФЭП. Изготовление солнечной космической электростанции из материалов, добытых на Луне, избавит от необходимости расходования огромного количества топлива и земных ископаемых.

Таблица 6

**Примерная масса (в тоннах)
солнечной космической электростанции
мощностью 10 миллионов киловатт**

Наименование	Уровень технологии соответствует	
	1985 г.*	2010 г.**
Металлоконструкция солнечных батарей	83 000	50 000
ФЭП	60 000	6 000
Система СВЧ-излучения	5 000	3 000
Система стабилизации	1 000	500
Прочие агрегаты	1 000	500
Итого:	150 000	60 000

* Площадь солнечных батарей — 50 квадратных километров.

** Площадь солнечных батарей — 25 квадратных километров.

* Подробнее об этом см.: Грилихес В. А. Солнечные космические электростанции.— Л.: Наука, 1976.

Существует три проблемы, от положительного решения которых зависит «быть» или «не быть» солнечным космическим электростанциям: наличие надежных и достаточно экономичных транспортных средств для доставки на заданные орбиты больших грузов; увеличение КПД полупроводниковых ФЭП, снижение их массы и стоимости; создание на Луне производственной базы для изготовления металлоконструкций и полупроводниковых ФЭП.

Какими транспортными средствами будет располагать космонавтика для доставки на орбиту большого количества грузов в ближайшие 20—30 лет?

В настоящее время такими транспортными средствами являются ракеты-носители одноразового применения. Однако в будущем перспективен другой путь. Кстати, он уже проверен практикой. Речь идет о создании крылатых МТКС, в том числе космических самолетов, способных самостоятельно взлететь и совершать посадку в заданном месте. Расчеты показывают, что крылатые носители, снабженные комбинированными двигателями, выгоднее существующих. Из данных, приведенных во второй главе, следует, что стоимость доставки на опорную орбиту 1 килограмма полезного груза может быть снижена в 100 раз и составит примерно 30 долларов за килограмм.

Солнечные космические электростанции должны размещаться на геостационарной орбите высотой около 36 000 километров, расположенной в плоскости экватора. Низкая опорная орбита может служить своего рода трамплином для дальнейшей транспортировки грузов на геостационарную орбиту. Для межорбитальной транспортировки отдельных секций или полностью собранной электростанции целесообразно применять буксирные устройства, оборудованные ЖРД или ЭРД малой тяги. ЭРД могут

питаться электроэнергией, вырабатываемой батареями транспортируемой электростанции. Буксировщики обеспечат транспортировку электростанции с малыми ускорениями, что особенно важно для крупногабаритных элементов конструкции, ибо тогда можно снизить требования к их прочности и уменьшить массу*.

Полная стоимость доставки станции (или отдельных секций) на геостационарную орбиту складывается из стоимости доставки грузов с Земли на опорную орбиту, стоимости доставки буксирного устройства и его операций между двумя орбитами. При использовании буксирного устройства с силовой установкой, работающей на химическом топливе, необходимо учесть стоимость топлива и его доставки на орбиту.

Проведенные расчеты стоимости показывают, что при промежуточной сборке на низкой орбите стоимость доставки на геостационарную орбиту увеличивается примерно вдвое и составит 50 долларов за килограмм. Удельная стоимость транспортировки с Земли на геостационарную орбиту составит 500 долларов за киловатт. Здесь уместно отметить, что прогресс космонавтики обусловлен общим развитием человечества, его стремлением к изучению и освоению космического пространства.

Получение дешевых ФЭП, обладающих высоким КПД, решается сейчас многими путями. Большой интерес представляет создание так называемых пленочных преобразователей (толщиной всего 3—5 микрометров), изготовленных путем наращивания слоев полупроводникового материала на пропитанной расплавом основе — термостойкой ткани или пленке. По данным, опубликованным в зарубеж-

* Подробнее об этом см.: Чекалин В. С. С Земли на орбиту // Энергия.— 1985.— № 1.

ной печати, к концу 80-х годов КПД перспективных ФЭП возрастет до 25%. В начале 2000 года будут созданы высокоэффективные ФЭП с КПД до 50%. Вырабатываемая электрическая мощность достигнет 400 ватт на квадратный метр, удельная мощность — 138 ватт на килограмм (современный уровень — 160 ватт на квадратный метр и 20 ватт на килограмм).

Используя облегченные ФЭП с увеличенным КПД, можно будет существенно уменьшить массу солнечной электростанции до 60 000 тонн (см. табл. 6).

Возникает вопрос первостепенной важности: «Сколько будет стоить солнечная космическая электростанция?»

Для электростанции любого типа наиболее важными являются два экономических показателя: стоимость 1 киловатта установленной мощности — показатель, получаемый делением общих затрат на строительство электростанции (капитальные вложения) на мощность электростанции и себестоимость 1 киловатт-часа вырабатываемой электростанцией энергии (себестоимость продукции). Капитальные вложения при строительстве солнечной космической электростанции представлены в табл. 7. Себестоимость продукции в значительной степени зависит от времени, в течение которого электростанция будет работать с достаточной высотой КПД. Если предположить, что перспективные ФЭП будут активно работать в течение 30 лет, то за этот срок затраты на производство 1 киловатта составят 200—300 долларов (2—3 миллиарда долларов для всей станции). В итоге получаем: стоимость 1 киловатта энергии, вырабатываемой солнечной космической электростанцией, составляет 1200—2000 долларов, а стоимость всего сооружения — от 12 до 20 миллиардов долларов. При этом стоимость электроэнергии равна 0,005—0,008 доллара за киловатт-час.

Капитальные вложения при строительстве тепловых и атомных электростанций близки, а конкретные числовые данные существенно зависят от места строительства, типа реактора, мощности энергоблоков. Ориентировочные удельные капиталовложения приведены в табл. 8.

Третья проблема — создание на Луне производственной базы, обеспечивающей получение алюминия, железа и других металлов, а также производство в большом количестве полупроводников для солнечных батарей. Для сборки больших по площади солнечных батарей могут применяться однотипные фермы. Блок автоматизированного изготовления позволит производить сборку ферм из листового проката. Машины других типов, обслуживаемые и управляемые бригадой сбор-

Таблица 7

Капитальные вложения при строительстве солнечной космической электростанции (уровень технологии соответствует 2010 году)

Наименование затрат	Затраты	
	Долл/кВт	Общие, млн. долл.
Металлоконструкции и космическая сборка	100—200	1 000—2 000
Полупроводниковые фотоэлектрические преобразователи	300—400	3 000—4 000
Система СВЧ-излучения и система стабилизации	100—200	1 000—2 000
Прочие затраты	100—200	1 000—2 000
Транспортировка станции на геостационарную орбиту	300—500	3 000—5 000
Наземная часть станции	100—200	1 000—2 000
Итого:	1 000—1 700	10 000—17 000

Таблица 8

Сравнительные характеристики различных электростанций
(принято, что 100 долларов = 100 рублям)*

Вид электростанции	Удельные капитальные вложения, руб./кВт	Себестоимость электроэнергии, коп (кВт·ч) ⁻¹
Солнечная космическая электростанция	1 200—2 000	0,5—0,8
Тепловая электростанция	200—250	1,5—2,0
Гидроэлектростанция	350—450	0,05
Атомная электростанция	370—450	0,8—1,0
Солнечная электростанция	500—600	1,9—2,1

* Кириллин В. А. Энергетика сегодня и завтра.— М.: Педагогика, 1983.

щиков, из отдельных ферм соберут секции, соединят их между собой.

Наша жизнь протекает в мире, где властвует тяжесть, мы приспособились к ней, привыкли. Причем привычки настолько, что иной мир, лишенный притяжения, кажется нам странным. В космосе открывается захватывающая перспектива творить в совершенно иной среде, в условиях глубокого вакуума, мощных потоков тепла, идущих от Солнца, низких температур, невесомости. Существенная часть орбитальной производственной базы — космическая станция, где будет проживать примерно 100—300 специалистов различных профессий.

Изготовление солнечной космической электростанции из лунных материалов существенно снизит их стоимость, избавит от необходимости расходования большого количества добываемого на Земле металла, полупроводников и топлива. Примерная масса электростанции мощностью 10 миллионов киловатт, изготовленной из лунных материалов, приведена в табл. 9.

Из суммарной массы 60 000 тонн только 4000 тонн будут доставлены с Земли. В их число входит система СВЧ-излучения, система стабилизации положения станции, прочие агрегаты и оборудование.

Полагают, что примерно к 2010 году будут созданы надежные средства доставки на орбиту больших грузов. После 2020-х годов на околоземной орбите начнется сооружение производственной базы и приступят к постройке опытной солнечной электростанции. Действующие образцы солнечной космической электростанции появятся после 2030 года. Примерно в середине будущего века на Землю будет передана электроэнергия, вырабатываемая солнечной космической электростанцией, изготовленной из лунных материалов. Подчеркнем, что такие электростанции не будут оказывать существенного влияния на тепловое загрязнение планеты. В частности, все тепло, выделяющееся в процессе преобразования солнечной энергии в энергию монохроматического излучения, рассеивается в космическом пространстве. На Земле при преобразо-

Таблица 9

Примерная масса солнечной космической электростанции мощностью 10 миллионов киловатт, изготовленной из лунных материалов

Наименование	Масса материалов, доставленных с Луны, т	Масса материалов, доставляемых с Земли, т
Металлоконструкции солнечных батарей	50 000	—
ФЭП	6 000	—
Система СВЧ-излучения	—	3 000
Система стабилизации положения станции	—	500
Прочие агрегаты	—	500
Итого:	56 000	4 000

вании СВЧ-излучения в электрический ток в окружающую среду будет отводиться в виде тепла не более 15—20% потока энергии, падающего на приемную антенну.

Начиная с 1972 года строительство атомных электростанций в ряде стран мира стало разворачиваться медленнее. Особенно сильно снизились темпы в США. Там были отменены заказы на 92 ядерные энергетические установки. Более того, с 1974 года новых заказов не поступало, а с 1978 года строительство новых атомных электростанций в США вообще не начиналось*. Спад интереса к дальнейшему строительству атомных электростанций в США объясняется просто: принятая в стране программа развития техники позволит в ближайшие 2—3 десятилетия приступить к созданию новых источников энергии, в том числе и солнечных космических электростанций.

Еще одно немаловажное обстоятельство, которое следует учитывать при постройке атомной электростанции,— это преднамеренное разрушение. Нападение на атомную электростанцию даже с помощью обычных (неядерных) средств способно привести к разрушению реактора и выбросу в окружающую среду большого количества радиоактивных веществ. Как показывают оценки специалистов, радиоактивное заражение при разрушении атомной электростанции мощностью 1 миллион киловатт сопоставимо с радиоактивными последствиями от взрыва ядерной бомбы мощностью от 40 до 100 мегатонн. При этом огромная территория вокруг атомной электростанции (в несколько тысяч километров) заражается до та-

кой степени, что делает нереальным пребывание на ней живых существ*.

Города на орбитах

История науки знает немало примеров, когда новые открытия, изобретения и идеи не сразу находили признание и понимание современников, даже выдающихся ученых. Кеплер не признавал гелиоцентрической системы Коперника. Когда в 1926 году был открыт пенициллин, газеты писали: «Возможно, через столетие чудесное средство господина Флеминга совершит истинную революцию в медицине...» Никому и в голову не пришло, в том числе и самому изобретателю, что в скором времени пенициллин спасет жизнь миллионам людей. Резерфорд даже накануне своей смерти (он умер в 1937 году) был убежден, что ядерную энергию невозможно использовать практически. А разве легко поверить, что всего 100 лет назад к идее об электрической лампочке отнеслись с пренебрежением все «эксперты», кроме американца Т. А. Эдисона и нашего соотечественника А. Н. Лодыгина.

В 1912 году К. Э. Циолковский предложил создать в космических «жилищах» замкнутую систему жизнеобеспечения. Он писал: «Как земная атмосфера очищается растениями при помощи Солнца, так может возобновляться и наша искусственная атмосфера. Как на Земле растения своими листьями поглощают нечистоты и дают взамен пищу, так могут непрерывно работать для нас и захваченные нами в путешествие растения... Как на земной поверхности совершается нескончаемый механический и химический кругооборот вещества, так и в

* Петросьянц А. М. От первой атомной до гигантов наших дней//Наука в СССР.—1985.—№ 4.

* См.: Бороться против войны, пока она не началась//Природа.—1985.—№ 6.

нашем маленьком мире он может совершаться*. В записях, отмеченных 1 апреля 1920 года, К. Э. Циолковский предлагает создать колонию с населением до 1000 человек людей обоего пола и всех возрастов. Он замечает: «Основой станции является цилиндр диаметром 10 метров и длиной 1333 метра. На человека полагается 100 кубометров. Цилиндр может быть изогнут кольцом (диаметр 420 метров) или оставаться прямым, оканчиваясь шаровыми поверхностями**».

Еще в 1918 году в журнале «Природа и люди» была опубликована часть работы К. Э. Циолковского «Вне Земли». Полностью вся работа была издана в 1920 году.*** «Вне Земли» — научно-фантастическая повесть, которая вызвала горячие споры в научном мире. Шутка ли, ученый всерьез говорил в ней о космических поселениях. Более того, он приводил расчеты и выкладки своих проектов. К. Э. Циолковский был занят разработкой технических деталей обитания человека в космическом пространстве в самые трудные годы молодой Советской республики (1919—1920). Испытывая горькую нужду в самом необходимом, «отец» космонавтики решал проблемы будущего наедине с бездной непознанного. Тяжело положение ученого, значительно опередившего своих современников, порой непонимаемого ими, считаемого «чужаком». Вот что писал К. Э. Циолковский: «Тяжело работать в одиночку, многие годы при неблагоприятных условиях, и не

видеть ниоткуда ни просвета, ни содействия»*.

В 1926 году в Калуге отдельной брошюрой вышла работа К. Э. Циолковского «Исследование мировых пространств реактивными приборами». Брошюра вновь вызвала горячие споры в научном мире: в ней также всерьез говорилось о космических поселениях. Автор писал: «Мы можем достигнуть завоевания Солнечной системы очень доступной тактикой. Решим вначале легчайшую задачу: устроить эфирное поселение поблизости от Земли в качестве ее спутника на расстоянии 1—2 тысяч километров от поверхности вне атмосферы... Поселившись тут, получим надежную и безопасную зону, освоившись хорошо с жизнью в эфире (в материальной пустоте), мы уже более легким путем будем удаляться от Земли и Солнца, вообще разгуливать, где нам понравится**».

Что касается формы сооружений, то, по мнению К. Э. Циолковского, типы жилищ для человека и растений могут быть бесконечно разнообразны: «Как же устраиваются такие жилища? Форма его цилиндрическая, замыкаемая с двух концов полусферическими поверхностями; чем оно обширнее, тем толщина стенок будет больше. Поэтому жилище (чтобы толщина стенок оказалась практической) устраивается на несколько сотен или тысяч человек... Вообразим себе длинную коническую поверхность или воронку, основание, или широкое отверстие которой прикрыто прозрачной шаровой поверхностью. Она прямо обращена к Солнцу, а воронка вращается

* Циолковский К. Э. Исследование мировых пространств реактивными приборами // Вестник воздухоплавания. — 1912. — № 5. Напеч. в сб.: Циолковский К. Э. Избранные труды. — М.: АН СССР, 1962.

** Циолковский К. Э. Жизнь в межзвездной среде. — М.: Наука, 1964.

*** См.: Циолковский К. Э. Вне Земли. — Калуга, 1920.

* См.: Циолковский К. Э. Вне Земли. — Калуга, 1920.

** Циолковский К. Э. Исследование мировых пространств реактивными приборами (Перезидание работ 1903 и 1911 годов с некоторыми изменениями и дополнениями). — Калуга, 1926.

вокруг своей длинной оси (высоты). На непрозрачных внутренних стенках конуса — слой влажной почвы с насаженными на ней растениями. ...Но жилища растений выгодно делать отдельно, так как они не требуют густой атмосферы и крепких стенок»*.

Конечно, в настоящее время довольно трудно говорить о деталях астроинженерных сооружений. Это дело завтрашней техники. Какой будет уровень технических достижений к тому времени, когда наша цивилизация приступит к сооружению «астро-конструкций», можно предсказывать только в общих чертах. Перестройка, или преобразование, характеристик планет — это тоже проблема астроинженерии. Города на орбитах («эфирные поселения») — это комплекс жилищно-бытовых, производственных и других сооружений человека, образующихся вокруг Солнца или планет на различных удаленностях (и в различных плоскостях) в зависимости от их назначения.

Астроинженерные сооружения должны быть огромны как по объему (чтобы разместить значительную часть населения), так и по размерам поверхности (чтобы перехватить значительную часть энергии, излучаемой Солнцем). Между тем материальные и энергетические ресурсы любой цивилизации всегда ограничены. Поэтому астроинженерные сооружения должны удовлетворять принципу: максимальные объемы или поверхности при минимальных затратах материалов. Этому принципу удовлетворяют «оболочечные» конструкции. Основой такой модели служат большие цилиндрические объемы, внутри которых располагается все необходимое для обеспечения нормальной жизнедея-

тельности большого количества поселенцев.

В 1974 году профессор Принстонского университета (США) Джерард О'Нилл, хорошо известный своими работами в области физики высоких энергий, опубликовал проект колонизации космоса. По замыслу О'Нилла, гигантские космические поселения должны располагаться в точке либрации L_5 (рис. 26). Через эту точку пространства проходит орбита, стабильность которой обеспечивается совместными действиями сил притяжения Земли, Солнца и Луны. Стало быть, космический поселок, построенный здесь, не будет «плавать», а навечно останется висеть в определенном месте. О'Нилл предполагает, что к 2074 году большая часть человечества будет жить в космосе, в условиях неограниченных ресурсов энергии, изобилия пищевых и материальных средств, полной свободы передвижения. Земля превратится в огромный парк, свободный от индустрии, медленно и естественно восстанавливающий свои силы после ударов, нанесенных ей индустриальной революцией. Она станет прекрасным местом, где можно будет провести отпуск или каникулы.

По мнению О'Нилла, уже сейчас можно реально обсуждать последовательное строительство четырех моделей космических колоний. Первая модель могла бы иметь радиус 100 метров и длину 1 километр, период вращения 21 секунда. В подобном сооружении разместится около 10 тысяч человек. Основные задачи этой колонии — разработка и создание следующей модели с внутренней поверхностью, в 10 раз большей (размеры увеличиваются примерно в 3,3 раза). Затем еще дважды площадь колоний возрастает в 10 раз, и конструируется четвертая модель диаметром 6—7 километров, длиной цилиндров 30—40 километров. Период ее вращения око-

* Циолковский К. Э. Цели звездоплавания. — Калуга, 1929.



Рис. 26. Космическое поселение по проекту О'Нилла

ло 2 минут. Во второй модели проживает 100—200 тысяч человек, в третьей — соответственно до 2 миллионов. Поселение № 4 вмещает уже около 20 миллионов человек.

Космическая станция-колония полностью обеспечивает себя энергией и сельскохозяйственными продуктами. Каждая колония может существовать долгое время, не загрязняя окружающей среды и используя для своего развития лишь тот материал, который она будет добывать, например, на Луне. Основной структурный элемент колонии — цилиндр, разделенный на шесть продольных секторов. Три его сектора делаются из прозрачных материалов, на трех других, чередующихся с ними, расположены полезные площади. Прозрачные секторы покрыты стеклом, а в основании долин имеется покрытие из титана и алюминия. Атмосфера внутри цилиндров обычного для Земли состава и давления.

Цилиндры должны вращаться вокруг своей оси с такой скоростью, чтобы центробежное ускорение на их внутренней поверхности было равно (или несколько меньше) земному ускорению силы тяжести. Требования к прочности конструкции определяются именно тем, что надо обеспечить атмосферное давление внутри цилиндра и сохранность при действии центробежных сил. Цилиндры ориентируются в пространстве так, чтобы их основание было всегда направлено на Солнце. На обращенной к Солнцу торцевой части цилиндра расположена солнечная электростанция. Прозрачные секторы снабжены подвижными ставнями-зеркалами. Когда окна открыты, ставни отражают солнечный свет внутрь цилиндра. Меняя угол наклона ставен, можно менять количество отраженного солнечного света и

таким образом создавать иллюзию постепенного изменения освещенности в течение дня. На «ночь» ставни закрываются. В колонии возможны не только регулярная смена суток, но и столь же регулярная смена года.

Непрозрачные секторы, долины, открыты слоем грунта (рис. 27). Здесь даже может быть создан холмистый пейзаж. Диаметр цилиндра настолько большой, что свет, рассеиваясь в воздухе, создает впечатление голубого неба. В атмосферу цилиндров можно добавить водяной пар такой концентрации, что появятся облака и пойдет дождь. Микроклимат внутри цилиндров зависит от вкусов населения. Поверхности долин застроятся жилыми домами, их будут окружать сады и парки. Здесь можно заниматься земными видами спорта и придумывать новые, используя специфику космических станций. Индустриальные и сельскохозяйственные площадки будут вынесены в отдельные «районы» или на специальные сооружения, воздвигнутые с учетом требований максимальной эффективности технологических процессов и наибольшей экономии в выращивании сельскохозяйственных культур.

Площадь развертки цилиндра «Колонии-1» — 630 000 квадратных метров. С учетом площади, занятой остеклением, каждому поселенцу достанется 31 квадратный метр в жилом цилиндре и столько же в сельскохозяйственном. Норма надела на человека явно меньше земной. При определении потребной площади для выращивания овощей, фруктов и зерновых культур следует ориентироваться на уровень сельскохозяйственной технологии середины XXI века. Очевидно, к тому времени будут созданы новые высокоурожайные растения.

На пороге XX века популярные журналы и газеты пестрели заманчивыми картинками, представляющими город завтрашнего дня. Над улицами тяну-

лись громоздкие эстакады, по которым мчались поезда — мир техники стремительно наступал на человека. Действительность, к счастью, оказалась другой. Пережив увлечения техникой, человек снова потянулся к природе, и эта тяга с каждым годом возрастает. Сегодня мы стремимся к тишине, к земле, к пению птиц, журчанию воды. Мы хотим, чтобы это стало неотъемлемой частью городской среды. Именно таким, очевидно, будет будущее космическое поселение — город-сад.

Еще одна проблема, которую предстоит решить будущим поселенцам, — это производство продуктов питания. Сейчас это делается путем выращивания различной сельскохозяйственной продукции, разведения животных. Однако для будущих космических поселений такой путь неприемлем. Человечество неизбежно придет к «заводскому» изготовлению продуктов питания, изготовлению их искусственным путем. Основная задача производства искусственных продуктов питания состоит в том, чтобы сделать белок привлекательной пищей и таким образом обеспечить его широкое потребление. Пока речь не идет о замене сельскохозяйственного производства, а, напротив, о более рациональной и экономически эффективной переработке его продукции в искусственные продукты питания, имитирующие мясные и молочные изделия.

Наконец, на следующем этапе развития индустрии искусственной пищи на базе белков, полученных микробиологическими методами, откроется принципиально новая возможность производства пищи несельскохозяйственным путем, не занимая под посевы поля и не используя под пастбища луга. Удивительные свойства микроорганизмов подтверждают мысль о том, что природа все может. Усваивая различные химические соединения, бактерии способны синтезировать



Рис. 27. Внутри поселения

многие полезные вещества, в том числе белок. Причем высокая интенсивность, с которой в микробной клетке происходят обменные процессы, недоступна ни высшим растениям, ни животным.

Вот простой пример. Бык живой массой 300 килограммов за сутки интенсивного откорма дает прирост в 1,1—1,2 килограмма, в том числе около 150 граммов белка. А 300 килограммов дрожжевых клеток в далеко еще не совершенном современном

промышленном аппарате за сутки дает прирост 25—30 тысяч килограммов биомассы, 11—13 тысяч килограммов перевариваемого белка*. Путь овладения принципами биосинтеза непрост. Но ясно другое: путь этот будет пройден, и техника будущего получит средства поразительной эффективности и силы. Создание искусственной пищи будет означать величайшую революцию в жизни человека. Мы растим животных, чтобы потом убивать

* Подробнее об этом см.: Нейман Б. Я. Индустрия микробов.— М.: Знание, 1983.



их. Перестав употреблять в пищу животных, человек изменится и психологически. Хищнический инстинкт заменится дружной, формы которой в деталях трудно себе представить.

Приближенный расчет массы одного цилиндра «Колонии-1» приведен в табл. 10. Масса снаряженного цилиндра — 45 000 тонн. Существенным «довеском» будет атмосфера. Масса 1 метра земного воздуха — 1,3 килограмма. Помножив эту величину на 31,4 миллиона кубических метров (таков объем одного цилиндра), получим внушительную цифру — 47 тысяч тонн. Следующая весомая часть «Колонии-1» — «Земля», которая будет по-

Рис. 28. Космическое поселение в виде тора

крывать поверхность долин. Если применить облегченный грунт, изготовленный из лунного реголита, то при средней его плотности 200 килограммов на кубический метр и толщине слоя 0,5 метра получим величину в 30 000 тонн.

По мнению О'Нилла, более 90% материалов, необходимых для постройки цилиндров, можно добывать на Луне. С Земли следует привезти некоторое оборудование, жидкий водород (для производства воды). Разумеется, с Земли прибудет 200—300 строителей.

Таблица 10

Примерная масса «Колонии-1»

Объекты	Суммарная масса, т	Масса мате- риалов, достав- ляемых с Зем- ли, т
Масса пустого (силовая оболочка, шлангоуты, стрингера, ставни, остекление)	25 000	—
Система жизнеобеспечения	1 000	1 000
Оборудование	4 000	4 000
Жилые помещения	10 000	—
Прочие материалы и оборудова- ние	5 000	3 000
Итого:	45 000	8 000
Атмосфера (воздух при $P = 101,3$ кПа — 760 мм рт. ст.)	47 000	—
Грунт	30 000	—
Вода (водород для получения воды доставляется с Земли)	5 000	500
Итого:	127 000	8 500

О метеороидной опасности О'Нилл высказывается весьма скептически. По его мнению, гораздо более сложной проблемой является защита от излучений. Особо остро она ощущима в самом маленьком поселении № 1, где слой воздуха не способен преградить путь гамма-лучам и частицам, обладающим колоссальной энергией.

О'Нилл считает, что на создание первой модели потребуется около 30 миллиардов долларов (по курсу 1972 года), что примерно равно стоимости всей программы «Аполлон»*.

Из них не менее 10 миллиардов долларов понадобится для того, чтобы перевезти материалы к месту сборки станции. Правда, сейчас все эти оценки кажутся преуменьшенными в не-

сколько раз, может быть, реальная стоимость проекта раз в 10 больше, но она все же в пределах доступных в настоящее время затрат. Стоимость сооружения второй модели всего на 10% превзойдет первую, несмотря на десятикратное увеличение полезной площади. Дело в том, что сборка станции на уже функционирующей подобной модели, значительно упрощает и облегчает все работы. Вторую модель можно строить из лунных материалов, но для сооружения третьей и четвертой моделей удобнее использовать вещество астероидов.

Проекты космических поселений вызвали яростные споры. Кипят страсти, взвешиваются все плюсы и минусы, горячо дебатированы различные технические детали. Например, жить ли поселенцам на поверхности цилиндра или внутри громадного вращающегося колеса-тора? В кольце, рассуждают его сторонники, поселенец не будет видеть конца своей «Вселенной», его психика не нарушается (рис. 28, 29). Но отбросим технические проблемы. Смущает многое другое. Например, плотность населения в космических поселениях больше, чем в современных городах. Многовато! Особенно если учесть, что уж там в выходной день за город, на приволье полей и лесов не выедешь. А в тесных парках не всякий захочет отдыхать. Разве можно это сопоставить с земными условиями? Как в этих «закупоренных банках» будет с психологической совместимостью? С жадной новизны впечатлений, с тягой к перемене мест? С тоской по обычному далекому горизонту? Не передерутся ли там люди, осточертевшие друг другу или создавшие какие-либо мелочные «неразрешимые вопросы».

Не получится ли так, что и техника позволяет, и средства нашлись, а вот люди еще не готовы. Или просто не хотят? Не явятся ли космические колонии местами, где будут широко

* Краткие сведения о программе «Аполлон» приведены выше.



Рис. 29. Внутри космического «бублика»

распространены конфликты, а сам по себе процесс колонизации космоса сулит человечеству широкое распространение насилия и глобальных бедствий... Ни одно техническое достижение не в состоянии само по себе изменить мир, и в космических поселениях сложится атмосфера создавшего ее общества.

Где же выход и есть ли он?

Выход есть. Его можно обнаружить, если смотреть на будущее с позиций не сегодняшнего дня, а завтрашнего.

Весной 1845 года Маркс написал свое знаменитое: «Философы лишь различным образом объясняли мир, но дело заключается в том, чтобы изменить его»*.

На Луне, как на Земле

Сегодня еще нет возможности перечислить все проблемы, которые возникнут в процессе преобразования Луны для обеспечения нормальных жизненных условий, тем не менее ряд ключевых вопросов уже известен. Установлено, например, что для нормального существования необходимо магнитное поле с определенными характеристиками (именно такое поле есть на Земле). Кроме того, должна быть обеспечена радиационная обстановка, которая не являлась бы вредной для живой материи. На нашей планете такую обстановку создают, во-первых, радиационные пояса, которые экранируют поверхность Земли, во-

* Маркс К., Энгельс Ф. Соч.— 2-е изд.— Т. 3.— С. 4.

вторых, атмосфера, которая является мощным экраном, не пропускающим губительную радиацию. И наконец, общеизвестно значение для живых организмов атмосферного воздуха, имеющего вполне определенные характеристики. Эти условия не только необходимы, но и удобны для жизни и деятельности человека.

Напомним читателю, что нормальное атмосферное давление на уровне океана составляет 101,3 килопаскаля (760 миллиметров ртутного столба), а парциальное давление кислорода — 21,1 килопаскалей (160 миллиметров ртутного столба). Используя резервы человеческого организма, можно уменьшить атмосферное давление и создать такие же условия, какие существуют на Земле на высоте двух километров. Человек может находиться также в чисто кислородной атмосфере при давлении 26,2 килопаскаля (197 миллиметров ртутного столба).

Еще одно обстоятельство, которое следует учитывать при выборе лунной атмосферы, — это ее молекулярный вес. Дело в том, что при существующей на Луне пониженной силе тяжести (1/6 земной) более тяжелая атмосфера будет с меньшей скоростью рассеиваться в космическом пространстве, и ее «подпитка» станет технически осуществима. Длительное действие пониженного веса в известной степени сходно с влиянием невесомости. То, как она скажется на здоровье человека, покажут исследования, проведенные при 1/6 силы тяжести. Пониженный вес принесет и кое-какие приятные открытия. Сила мышц человека останется земной (если, конечно, поддерживать ее тренировками), а вес тела уменьшится. Человек сможет проделывать гораздо более сложные и интересные движения, о которых на Земле вообще не приходится мечтать (например, летать на крыльях). Человек привяжет к рукам крылья, как сделал это в древней легенде Икар,

взмахнет ими... и оторвется от пола. Ведь для того чтобы оторваться от опоры, необходимо создать подъемную силу в 8 килограммов, двумя руками — 16 килограммов. А больше и не надо: на Луне человек больше 16 килограммов весить не будет.

Создание благоприятной радиационной и магнитной обстановки и атмосферы вызовет к жизни своеобразную лунную флору и приведет в конечном итоге к появлению на Луне биосферы, которая сделает ее пригодной для жизни человека. Не исключено также проведение целого ряда мероприятий по созданию на Луне привычного нам светового и теплового режимов. Так, например, одним из таких мероприятий может быть уменьшение лунных суток до 24 часов. Такое уменьшение продолжительности суток на Луне может быть достигнуто путем увеличения скорости ее вращения. Для этого в плоскости экватора можно установить импульсные ЯРД, которые заставят Луну быстрее крутиться вокруг своей оси. Отсутствие атмосферы на Луне и сравнительно малая вторая космическая скорость (2,38 километра в секунду) способствуют такому способу раскручивания нашего естественного спутника.

Если все это произойдет, то Луна потеряет свое значение форпоста науки, имеющего благоприятные условия для астрофизических и других исследований. Она превратится как бы в седьмой континент нашей планеты, на котором люди будут иметь все условия для жизни и работы. Научные станции перекочат на спутники других планет (Юпитера, Сатурна и т. д.). Луна станет одним из наиболее развитых районов системы «Земля — Луна». Предприятия, размещенные на нашем естественном спутнике, будут заниматься разработкой полезных ископаемых, добычей ядерного топлива для ракетных систем, отправляющихся с лунных космодромов в дальний

космос. На Луне расположены мощные радиостанции, предназначенные для связи с межпланетными радиотехническими устройствами, а возможно, и с другими цивилизациями.

Сегодня еще нет возможности перечислить все проблемы, которые могут возникнуть в процессе освоения Луны. С одной стороны, Луна открывает перед народами колоссальные возможности для прогресса, а с другой — может привести к неисчислимым бедам. Все дело в том, как будут использоваться результаты этого освоения. Начиная с запуска первого спутника Советский Союз неизменно исходил в своей политике из необходимости освоения космоса исключительно в мирных целях. Борьба за мирный космос стала составной частью первого в мире социалистического государства.

Советский Союз явился инициатором разработки международных соглашений, регулирующих космическую деятельность государств. Впервые об этом говорилось в Заявлении Советского правительства от 15 марта 1958 года, которое было внесено на обсуждение 13 сессии Генеральной Ассамблеи ООН. Декларация правовых принципов, регламентирующих деятельность государств по исследованию и использованию космического пространства, принятая единогласно государствами — членами Организации Объединенных Наций в декабре 1963 года, торжественно провозглашает, что при исследовании и использовании космического пространства государства должны руководствоваться следующими принципами:

1. Исследование и использование космического пространства осуществляется на благо и в интересах всего человечества.

2. Космическое пространство и небесные тела открыты для исследования и использования всеми государствами на основе равенства и в соот-

ветствии с международным правом.

3. Космическое пространство и небесные тела не подлежат национальному присвоению ни путем провозглашения суверенных прав, ни посредством использования или оккупации, ни любыми другими средствами*.

Юридический подкомитет Комитета ООН по использованию космического пространства в мирных целях в 1972—1979 годах подготовил текст Соглашения о деятельности государств на Луне и других небесных телах, которое было открыто для подписания в декабре 1979 года. Участниками Соглашения на март 1984 года являются 12 государств (вступил в силу 12 июля 1984 года). Соглашение состоит из преамбулы и 21 статьи; оно подтверждает и развивает основные положения договора о космосе 1967 года. В нем указывается, что Луна и другие небесные тела используются исключительно в мирных целях и вся деятельность на них осуществляется в соответствии с Уставом ООН в интересах поддержания мира и безопасности и поощрения международного сотрудничества и взаимопонимания (ст. II). На Луне и других небесных телах запрещается угроза силой или применение силы. Участники обязываются не устанавливать и не испытывать оружие массового уничтожения (включая ядерное) на поверхности или в недрах Луны и других небесных тел и не выводить на орбиту вокруг них объекты с таким оружием, а также создание военных баз и укреплений, испытание любых типов оружия (ст. III).

Соглашение устанавливает, что исследование и использование Луны и других небесных тел — достояние всего человечества и осуществляются в интересах и на благо всех стран независимо от степени их научного и

* Содержит преамбулу и 9 пунктов.—См.: Международное космическое право.— М., 1985.

экономического развития (ст. IV). На Луне и других небесных телах провозглашается свобода научных исследований в любом месте их поверхности или недр (ст. VI). Государства имеют право размещать на этих объектах свой персонал и сооружения (ст. VIII). Соглашение рассматривает любого человека, находящегося на Луне или другом небесном теле, как посланца человечества в космосе и обязывает государства принимать все возможные меры для охраны его жизни и здоровья (ст. X).

Особое место в Соглашении занимает ст. XI, касающаяся правового статуса Луны и других небесных тел и их природных ресурсов. В ней Луна и другие небесные тела объявлены «общим наследием человечества». Указывается также, что поверхность и недра Луны и других небесных тел или их природные ресурсы «там, где они находятся» не могут быть собственностью каких-либо государств или лиц*. Приведенные положения отражают заинтересованность в освоении космоса и результат такого освоения всех стран независимо от уровня их экономического и научно-технического развития. Они содержат требование о том, чтобы деятельность государств в космосе не причиняла вреда другим государствам и служила на пользу всему человечеству.

Исключительную опасность не только для перспектив освоения космоса, но и для судеб всего человечества представляет угроза распространения гонки вооружений на космическое пространство. Это новый дамоклов меч над головами всех людей на Земле. На предотвращение данной угрозы направлены предложения, выдвинутые Советским Союзом в ООН и на двух-

сторонних советско-американских переговоров по ядерным и космическим вооружениям в Женеве*. Мир на Земле неотделим от мира в космосе. В качестве альтернативы программы «звездных войн» Советским Союзом представлена в ООН программа строительства «Звездного мира» создания всемирной космической организации.

Отрицательное воздействие на дальнейшее развитие космической деятельности, в том числе связанной с работой человека в космосе, оказывает передача капиталистическими государствами основных областей использования космоса в руки частного капитала. Так, например, президент Рейган подписал в 1983 году распоряжение, предоставляющее частным американским компаниям практически неограниченные возможности использования космического пространства в коммерческих целях.

Таким образом, околоземное пространство превращается в новую область частной наживы и конкуренции**. Приведенные положения отражают заинтересованность в освоении космоса и результатах такого освоения всех стран. Именно такой политики придерживается Советский Союз, который стремится к тому, чтобы проникновение человека в космос содействовало развитию дружественных отношений между государствами, и рассматривает свои достижения в космосе как достижения всех народов.

* Об использовании космического пространства исключительно в мирных целях на благо всего человечества//Правда.— 1984.— 29 сентября.

** Подробнее об этом см.: Правовые проблемы деятельности человека на Луне.— В сб.: Правовые проблемы полетов человека в космос.— М.: Наука, 1986.

* Подробнее об этом см.: Международное космическое право.— Международные отношения, 1985.

Дополнительная литература

Нейман Б. Я. Индустрия микробов.— М.: Знание, 1983.— 205 с.

Ознобищев С. К., Родионов С. Н. США на пути милитаризации космоса.— М.: Знание, 1987.— 63 с.

Силкин Б. И. В мире множества лун.— М.: Наука, 1982.

Шевченко В. В. Луна и ее наблюдения.— Наука, 1983.— 190 с.

Циолковский К. Э. На Луне. Фанта-

стическая повесть.— М.: Детская литература, 1984.— 109 с.

Журнальные статьи

Шевченко В. В. Быть ли Луне обитаемой? // Земля и Вселенная.— 1987.— № 2.— С. 60—68.

Демирчян К. С., Аслаян Г. С., Кузьминов В. А. Лунное топливо солнечного происхождения // Энергия.— 1987.— № 12.— С. 78—82.

Некоторые события космической эры

Дата, страна, событие	Краткая характеристика
4 октября 1957 г.	Первый ИСЗ «Спутник» (СССР). Начало космической эры
1 февраля 1958 г.	Первый ИСЗ «Эксплорер» (США)
1 октября 1958 г.	Организация в США Национального управления по авиации и исследованию космического пространства — НАСА
Октябрь 1958 г.	Учреждение Международного комитета по космическим исследованиям (КОСПАР)
2 января 1959 г.	Первый пролет Луны аппаратом «Луна-1»
12 сентября 1959 г.	Впервые достигнута поверхность Луны аппаратом «Луна-2» (14 сентября 1959 г.)
4 октября 1959 г.	Впервые осуществлен облет Луны, фотографирование ее обратной стороны аппаратом «Луна-3»
12 декабря 1959 г.	Учреждение Комитета ООН по использованию космического пространства в мирных целях
11 января 1960 г.	Принятие решения о создании Центра по подготовке космонавтов
12 апреля 1961 г.	Первый полет человека вокруг Земли (Ю. А. Гагарин)
5 мая 1961 г.	Первый суборбитальный полет А. Шепарда на корабле «Меркурий» (США)
6 августа 1961 г.	Суточный полет Г. С. Титова на корабле «Восток-2»
20 февраля 1962 г.	Первый в США орбитальный полет Дж. Гленна на корабле «Меркурий»
16 июня 1963 г.	Полет вокруг Земли В. В. Терешковой на корабле «Восток-6»
28 июля 1964 г.	Первая передача ТВ-изображения лунной поверхности при сближении КА «Рейнджер-7» с Луной (США)
18 марта 1965 г.	Первый выход человека в открытый космос А. А. Леонова из КА «Восход-2», пилотируемого П. И. Беляевым
18 июля 1965 г.	Повторное фотографирование обратной стороны Луны КА «Зонд-3»
31 января 1966 г.	Первая мягкая посадка на Луну 3 февраля 1966 г. МАС «Луна-9» и передача на Землю лунной фотопанорамы
31 марта 1966 г.	Первый искусственный спутник Луны (с 3 апреля) МАС «Луна-10»

Дата, страна, событие	Краткая характеристика
1 июня 1966 г.	Мягкая посадка на Луну КА «Сервейор» (США)
10 августа 1966 г.	Вывод на орбиту ИСЛ КА «Лунар Орбитер» (США)
15 сентября, 10 ноября 1968 г.	Первый облет Луны и возвращение на Землю кораблей «Зонд-5» и «Зонд-6» с животными на борту с использованием управляемого спуска
21 декабря 1968 г.	Облет Луны 24 декабря и возвращение на Землю КК «Аполлон-8» с астронавтами Ф. Борманом, Дж. Ловеллом, У. Андерсом (США)
18 мая 1969 г.	Облет Луны и возвращение на Землю КК «Аполлон-10» с астронавтами Т. Стаффордом, Дж. Янгом, Ю. Сернаном (США)
16 июля 1969 г.	Первая посадка на Луну КК «Аполлон-11», астронавты Н. Армстронг, Э. Олдрин, М. Коллинз (США)
8 августа 1969 г.	Облет Луны и возвращение на Землю КК «Зонд-7»
11 апреля 1970 г.	Облет Луны с возвращением на Землю КК «Аполлон-13» с астронавтами Дж. Ловеллом, Дж. Сунджертом, Ф. Хейсом (США). Посадка была отменена в связи с аварией на корабле
12 сентября 1970 г.	МАС «Луна-16» выполнила 20 сентября мягкую посадку на Луну, забрала образцы грунта и доставила их на Землю
20 октября 1970 г.	Облет Луны с возвращением на Землю КК «Зонд-8»
10 ноября 1970 г.	АМС «Луна-17» доставила на Луну 17 ноября радиоуправляемый аппарат «Луноход-1»
31 января 1971 г.	Посадка на Луну КК «Аполлон-14», астронавты А. Шепард, Э. Митчелл, С. Руса
26 июля 1971 г.	Посадка на Луну КК «Аполлон-15», астронавты Д. Скотт, Дж. Ирвин, А. Уорден
14 февраля 1972 г.	АМС «Луна-20» доставила на Землю лунный грунт с участка материка, примыкающего к Морю Изобилия (25 февраля)
16 апреля 1972 г.	Посадка на Луну КК «Аполлон-16», астронавты Дж. Янг, Ч. Дьюк, Т. Матингли
7 декабря 1972 г.	Посадка на Луну КК «Аполлон-17», астронавты Ю. Сернан, Х. Шмидт, Р. Эванс
8 января 1973 г.	АМС «Луна-21» доставила (16 января) на Луну радиоуправляемый самоходный аппарат «Луноход-2». В течение 5 лунных суток луноход прошел 37 км
15 июля 1975 г.	Первый совместный космический полет КК «Союз-19» с экипажем А. А. Леонов, В. Н. Кубасов и американского корабля «Аполлон» с экипажем Т. Стаффорд, В. Бранд, Д. Слейтон. Две стыковки кораблей, взаимные переходы космонавтов
9 августа 1976 г.	АМС «Луна-24» доставила на Землю лунный грунт из юго-восточного района Моря Кризисов
18 декабря 1979 г.	Подписание в штаб-квартире ООН Соглашения о деятельности государств на Луне и других небесных телах

СОДЕРЖАНИЕ

ФОРМУЛА ПРОБЛЕМЫ	5
Глава первая. ЗЕМЛЯ — КОЛЫБЕЛЬ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА	8
Рост без предела?	8
Земные ресурсы конечны	9
Мир ищет энергию	11
Атомная энергетика	14
Сколько нужно энергии	16
Предел производства энергии существует	18
«Горы хлеба и бездна могущества»	19
Для науки и народного хозяйства	19
Заводы вне Земли	25
Дополнительная литература	26
Журнальные статьи	26
Глава вторая. КОСМОНАВТИКА В ПУТИ	28
Локомотивы для космических трасс	28
Космические корабли	35
Человек — житель Земли	35
Скафандр — одежда для вакуума	38
Как устроен космический корабль	41
Орбитальные станции	43
Жизнеобеспечение на борту станции	43
Советские ОКС «Салют» и «Мир»	46
Авиация на пороге космоса	49
Авиация начинается с крыла	49
Воздушно-реактивные двигатели	51
Какой может быть космическая авиация	55
Дополнительная литература	64
Журнальные статьи	64
Глава третья. ЛУНА СЛУЖИТ МИРУ	66
Из истории изучения Луны	66
Природа Луны	73
Радиационная обстановка в окололунном пространстве	77
Излучения при солнечных вспышках	78
Галактическое излучение	80
Метеороиды	80
Как попасть на Луну	83
Полеты человека на Луну	84
На Луну с двумя пересадками	88
Лунный индустриальный комплекс	90
Солнечные электростанции	97
Города на орбитах	105
На Луне, как на Земле	113
Дополнительная литература	117
Журнальные статьи	117
Некоторые события космической эры	117

Семен Петрович Уманский

ЛУНА — СЕДЬМОЙ КОНТИНЕНТ

Главный отраслевой редактор Л. А. Ерлыкин

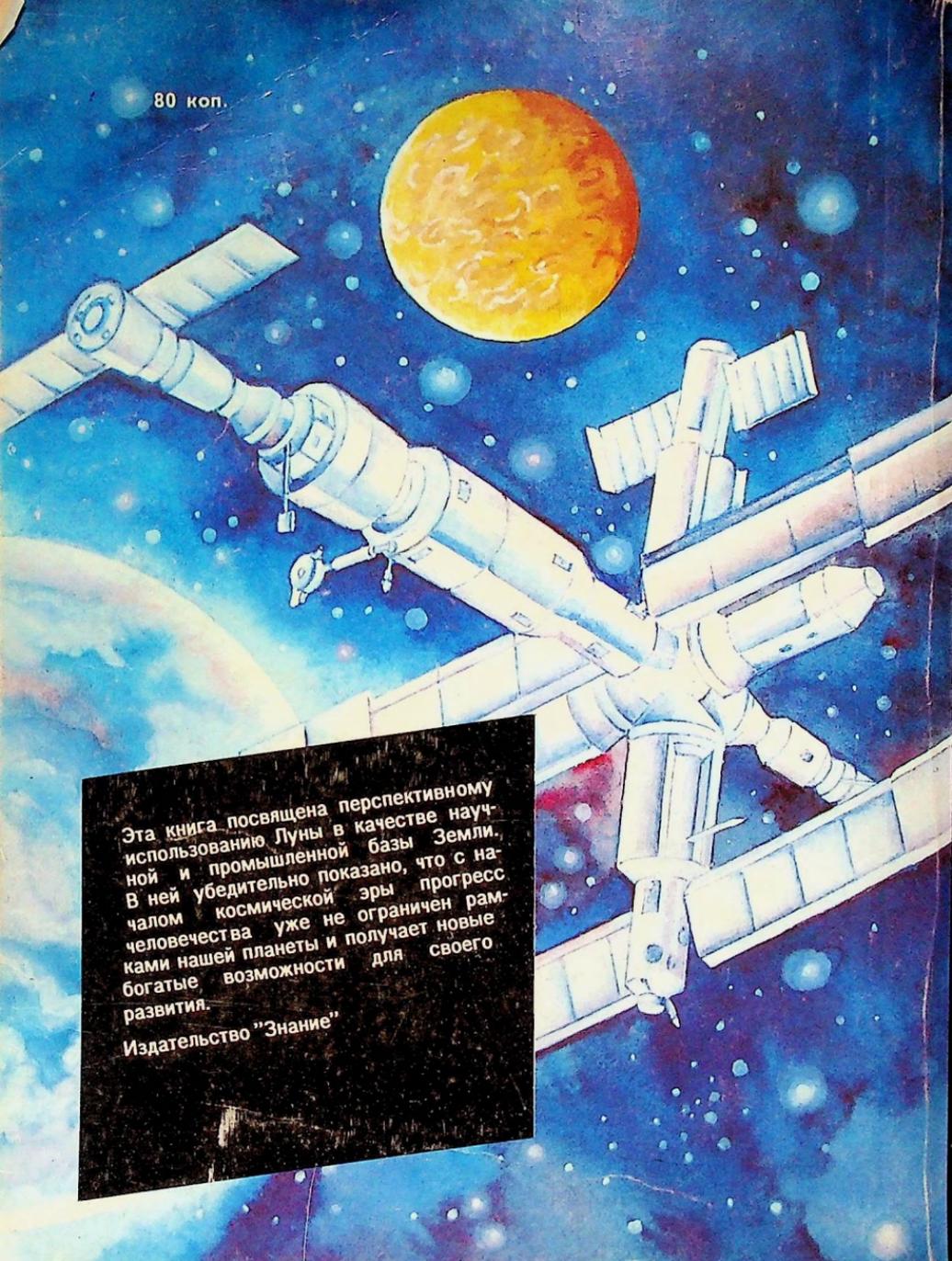
• Редактор **Е. Ю. Ермаков**

Мл. редактор С. С. Патрикеева
Худож. редактор П. Л. Храмцов
Макет и оформление П. В. Пьяных
Иллюстрации художника А. И. Добрицына
Техн. редактор О. А. Найденева
Корректор Л. В. Иванова

ИБ № 9613

Сдано в набор 23.06.88. Подписано к печати 23.01.89.
Т. 00820. Формат бумаги 70×90^{1/16}. Бумага офсетная.
Гарнитура журнально-рублевая. Печать офсетная. Усл.
печ. л. 8,78. Усл. ир-отт. 35,85. Уч.-изд. л. 10,10. Ти-
раж 45 000 экз. Заказ А-257. Цена 80 коп. Издательство
«Знание», 101835, ГСП, Москва, Центр, проезд Серова,
д. 4. Индекс заказа 897709.
Типография издательства Татарского ОК КПСС, г. Казань,
ул. Декабристов, 2.

80 коп.



Эта книга посвящена перспективному использованию Луны в качестве научной и промышленной базы Земли. В ней убедительно показано, что с началом космической эры прогресс человечества уже не ограничен рамками нашей планеты и получает новые богатые возможности для своего развития.

Издательство "Знание"