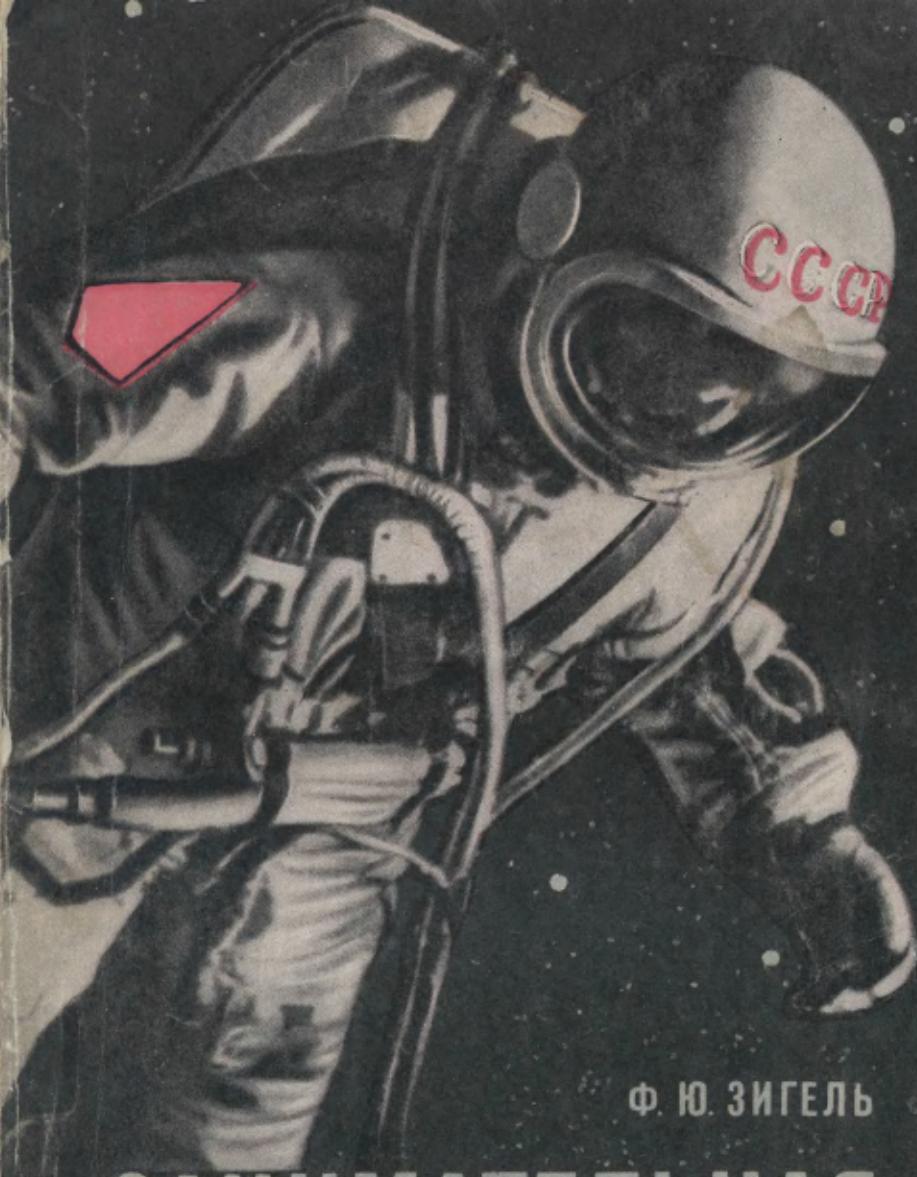


Ф. Ю. ЗИГЕЛЬ  
**ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ КОСМОНАВТИКА**



Ф. Ю. ЗИГЕЛЬ

# ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ КОСМОНАВТИКА







Ф. Ю. ЗИГЕЛЬ

# ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ КОСМОНАВТИКА

ИЗДАТЕЛЬСТВО «МАШИНОСТРОЕНИЕ»  
МОСКВА 1970

Перед вами сборник коротких рассказов о космонавтике, интересных, а иногда и занимательных.

Можно ли создать неподвижные спутники Земли? Удастся ли когда-нибудь улететь в космос без ракет? Реальны ли проекты космических бригантин? Что встретит человек на планетах? Как можно представить себе космическое будущее земной цивилизации? Ответы на эти вопросы вы найдете в этой книге. Она рассчитана на широкий круг читателей. Автор адресовал ее всем, кто интересуется космонавтикой и хотел бы познакомиться с ее основами.

Редактор канд. техн. наук *И. М. Ермолаев*

*«Реактивные приборы завоюют людям беспредельные пространства».*

К. Э. Циолковский  
(Собр. соч. т. II, 1954)

## **Что такое космонавтика**

Предваряя книгу этим предисловием, мы хотим прежде всего разъяснить термин «космонавтика».

Равнозначный ему термин «астронавтика», широко применяемый за рубежом, в буквальном переводе означает «звездоплавание», т. е. полет в космос. Однако развернутое содержание современной космонавтики как науки об освоении космоса несравненно шире.

Рассматривая только воздействие тяготения небесных тел на космические аппараты (КА), мы остаемся в границах того раздела космонавтики, который получил наименование астродинамики. Впрочем, для него есть и другое название — теория движения искусственных небесных тел (космических аппаратов).

В астродинамике старая наука — небесная механика — нашла себе самое широкое применение.

Космический корабль (КК), искусственный спутник Земли (ИСЗ), автоматическая межпланетная станция (АМС) или любой иной космический аппарат (КА) в полете взаимодействует с окружающей его космической средой. В частности, излучение Солнца действует на него весьма разнообразно. Оно оказывает давление на КА, учитывать которое приходится уже сегодня. Поглощая частично солнечное излучение, КА нагревается и не-

обходимый температурный режим внутри его может быть создан только с учетом этого нагрева.

Коротковолновое излучение Солнца слегка разрушает (за длительный срок) окрашенные и специально обработанные поверхности, а длинноволновое радиоизлучение, в особенности в периоды активности Солнца, мешает радиосвязи с космическим кораблем.

Можно ли, например, игнорировать воздействие на КА и в особенности на его экипаж корпускулярного излучения Солнца, космических лучей галактического происхождения? Мириады корпускул (в основном, протонов) солнечного излучения врезаются в оболочку КА, частично разрушают ее и, что самое главное, взаимодействуя с веществом, из которого сделан КА, порождают вредное для космонавтов коротковолновое излучение.

Непрерывно бомбардируют КА не только солнечные корпускулы и альфа-частицы космических лучей, но и великое множество мельчайших твердых космических пылинок. Такого рода пыль способна вызвать лишь эрозию внешней оболочки КА. Но частицы покрупнее, встречающиеся, правда, редко, грозят КА пробоем или даже катастрофическим столкновением. Можно ли забывать об этой метеорной опасности?

Словом, ясно, что изучение взаимодействия КА с окружающей космической средой также должно подлежать ведению космонавтики. Физические условия космического полета — так можно назвать этот ее раздел.

Космонавтика была бы отвлеченной, умозрительной наукой, если бы она не преследовала практические цели, не опиралась на современную технику, в первую очередь, на ракетную технику.

Здесь мы вступаем в область, почти необозримую. Радиоэлектроника, телемеханика, космическое материаловедение — да разве перечислишь все виды современной техники, поставленные на службу космосу! А ведь и это

всё тоже можно отнести к космонавтике или, точнее, к разным ее разделам.

Не только с самых первых практических шагов, но еще в стариных фантастических проектах космонавтика мыслилась как наука о полетах человека в космосе. Все было бы куда проще, если бы мы запускали в космос только автоматы. Но полеты человека усложнили и проблемы космонавтики необычайно. Космическая биология и космическая медицина, сами по себе имеющие право считаться самостоятельными науками, являются разделами современной космонавтики, немыслимыми без нее.

Даже юридические науки и те приобрели космический облик и выделили из своей сферы еще один раздел космонавтики — космическое право. Практическую важность космического права отрицать трудно — без правового регулирования деятельности отдельных государств в космосе человечеству вполне реально грозят кошмары космотермоядерной войны.

В маленькой энциклопедии «Космонавтика»\*, которую можно рекомендовать для всестороннего знакомства с этой областью человеческой деятельности, космонавтика определяется как «совокупность отраслей науки и техники, обеспечивающих освоение космического пространства и внеземных объектов с использованием разного рода КА (ракет, ИС, зондов, станций и пр.), управляемых с Земли или пилотируемых».

Стараясь представить себе будущее космонавтики, мы видим ее еще более многообразной и всеобъемлющей. Так, например, в недалеком, вполне обозримом будущем начнется фундаментальное освоение Луны, а затем и ближайших планет. Найдет себе практическое воплощение космическая архитектура, пока существующая лишь в проектах. Нет никаких сомнений, что рано или поздно

---

\* Космонавтика. Маленькая энциклопедия, изд-во «Советская энциклопедия», 1968.

появятся такие новые науки, как, например, ареохимия (аналог геохимии) или селенология (аналог геологии). И опять эти новые области человеческой деятельности придется, по-видимому, включить в ...космонавтику! Столь широкое понимание космонавтики делает ее практически почти безграничной, как, впрочем, безгранична и многообразна будущая деятельность человечества в космосе.

Великие перемены совершаются в нашем быстро меняющемся мире. Человечество выходит на просторы космоса, превращается буквально на наших глазах в космическую цивилизацию. Этот процесс выражается в «космизации» не только современного естествознания, но и вообще всей человеческой деятельности.

Космонавтика как форма человеческой деятельности в космосе (в самом широком понимании этих слов) имеет практически беспредельные возможности развития. И в конце концов главным стимулом всех этих грандиозных дел было, есть и останется одно — необходимость познания окружающего нас бесконечного мира для успешного решения практических задач, которые ставит и всегда будет ставить перед собой человечество.

---

## Во власти тяготения

Тяготение приковывает нас к Земле, мешая свободно отправиться в межпланетное путешествие. Сетовать на это, конечно, не приходится — не будь тяжести, мир был бы совсем иным, и, вероятно, таким живым существам, какие нам ныне известны, существам, вся биологическая структура которых определяется гравитацией, в нем не нашлось бы места.

Взаимное притяжение всех тел — факт, не вызывающий каких-либо сомнений. Закон всемирного тяготения, сформулированный в XVIII веке Исааком Ньютона, дает количественную характеристику этому факту. Но этот закон — не объяснение, а



описание явлений. Природа тяготения — гравитации — еще остается невыясненной.

Существуют ли гравитоны, эти своеобразные кванты, «порции» тяготения? Как распространяется тяготение — мгновенно, со скоростью света или с какой-либо иной, весьма большой скоростью? Можно ли чем-нибудь «заслониться» от тяготения? Изменяется ли во времени гравитационная постоянная?

Мы перечислили только некоторые из вопросов, на которые пока нет определенного ответа. Впрочем, для нужд современной космонавтики все эти весьма интересные теоретические проблемы не имеют решающего практического значения. Тот раздел космонавтики, который изучает движение искусственных небесных тел под действием гравитации (мы имеем в виду астродинамику), опирается на закон всемирного тяготения как неоспоримый факт, реальность которого бесспорна. В какой мере теория гравитации может использоваться в космонавтике будущего — об этом мы еще поговорим, пока же предлагаем читателю небольшой экскурс в область астродинамики.

## Можно ли преодолеть тяготение?

Часто говорят, что для космического полета необходимо преодолеть земное тяготение, а о КА, вышедшем на заданную орбиту, добавляют, что он «преодолел» узы гравитации. Правильны ли эти утверждения?

Закон всемирного тяготения гласит, что две материальные точки \* притягивают друг друга с силой  $F$ , пропорциональной произведению их масс  $m_1$  и  $m_2$  и обратно пропорциональной квадрату расстояния  $r$  между ними:

$$F = f \frac{m_1 m_2}{r^2},$$

где  $f$  — коэффициент пропорциональности, называемый гравитационной постоянной.

Обратите внимание: сила  $F$  существует всегда, независимо от того, движутся друг относительно друга или по-

\* Рассмотрение термина «материальная точка» см. в следующей главе.

коются материальные точки с массами  $m_1$  и  $m_2$ . И еще: при любом расстоянии  $r$  сила  $F$  остается отличной от нуля.

Отсюда неизбежно следует, что поле тяготения (т. е. область пространства, где существует тяготение) данного тела распространяется на всю бесконечную Вселенную. Если справедливо положение, что гравитационное поле есть материальное продолжение данного тела (а иная точка зрения вряд ли возможна), то любое из тел, теоретически говоря, занимает ничем не ограниченное пространство. Накладываясь друг на друга, гравитационные поля бесчисленных тел космоса образуют бесконечно сложную мозаику «офизиченного» пространства.

«Когда я поднимаю руку, то отклоняю Луну с ее путем», — это заявление одного из знаменитых астрономов вовсе не пустые слова. Подняв руку, мы изменили положение центра тяжести Земли, что повлекло за собой строго говоря, изменение движения всех небесных тел. Конечно, эти изменения ничтожно малы, неощутимы в практическом отношении, но они, безусловно, существуют.

Преодолеть тяготение, уйти от тяготения невозможно. Притяжение Земли будет преследовать нас всюду, где бы мы ни оказались. На любой КА всегда действует гравитационное поле Земли, где бы ни совершил он свой полет. То же можно сказать и о воздействии на него гравитационных полей всех других космических тел.

Но если гравитация в буквальном смысле слова вездесуща, то можно ставить задачу иначе: не преодолеть тяготение (что невозможно), а использовать его так, чтобы космический полет летательного аппарата стал возможным. Именно в этом и состоит главная задача астрономики.

И все-таки в космонавтике распространены выражения «сфера притяжения» и «сфера действия» данного космического тела. Что они означают?

Представьте себе Землю и Луну. Известно, что масса Луны в 81 раз меньше массы Земли, а расстояние между их центрами составляет в среднем 384 000 км.

Если взять искусственный спутник (или любой другой предмет) и перемещать его от Земли к Луне по прямой, соединяющей их центры, то в конце концов можно достичь «нейтральной» точки, в которой Земля и Луна будут

притягивать спутник в разные стороны, но с одинаковой силой.

Несложными расчетами можно доказать, что таких точек будет бесчисленное множество и что они образуют в мировом пространстве некоторую сферу радиуса 43 000 км, заключающую внутри себя Луну. Заметьте, что центр этой сферы не совпадает с центром Луны — он лежит на прямой, соединяющей центры Земли и Луны, и смещен на 4500 км в сторону, противоположную направлению к Земле. Вот эта сфера и называется «сферой притяжения» Луны. Внутри нее — «царство Луны», где лунное притяжение преобладает над земным. Вне ее — «царство Земли», где главенствует гравитационное поле нашей планеты.

На поверхности сферы притяжения всюду — равенство сил. Однако во всех точках пространства действуют оба гравитационных поля — Земли и Луны.

Совершенно таким же образом можно определить сферы притяжения любой пары небесных тел, например Земли и Солнца. В этом случае радиус сферы притяжения Земли равен 260 000 км (рис. 1).

Читатель, конечно, понимает, что, вылетев за пределы сферы притяжения Земли, мы вовсе не теряем с ней гравитационной связи.

Несколько иной смысл имеет космонавтический термин «сфера действия».

Вообразите себе такую обстановку: с Земли запущена автоматическая межпланетная станция (АМС) и мы рассматриваем воздействие на нее только Земли и Солнца. Если бы Солнце не существовало, АМС двигалась бы относительно Земли с некоторым ускорением  $a_1$ . На самом деле этого нет, и Солнце искажает («возмущает») движение АМС, сообщая ей дополнительное ускорение  $\Phi_1$ . Очевидно, что дробь  $\frac{\Phi_1}{a_1}$  показывает, какую долю основного ускорения  $a_1$  составляет  $\Phi_1$ , вызванное возмущающим телом — Солнцем.

Теперь обратим задачу — будем считать «основным» телом Солнце, а «возмущающим» — Землю. Для этого варианта получим соответствующую дробь  $\frac{\Phi_2}{a_2}$ , где  $\Phi_2$  и  $a_2$  — соответствующие ускорения, создаваемые Землей и Солнцем. А теперь можно сформулировать такое опре-

деление: сферой действия Земли относительно Солнца называется область мирового пространства, в которой удовлетворяется условие  $\frac{\Phi_1}{a_1} < \frac{\Phi_2}{a_2}$ .

Физический смысл ясен: внутри сферы действия Земли целесообразнее главным телом считать Землю, а возму-

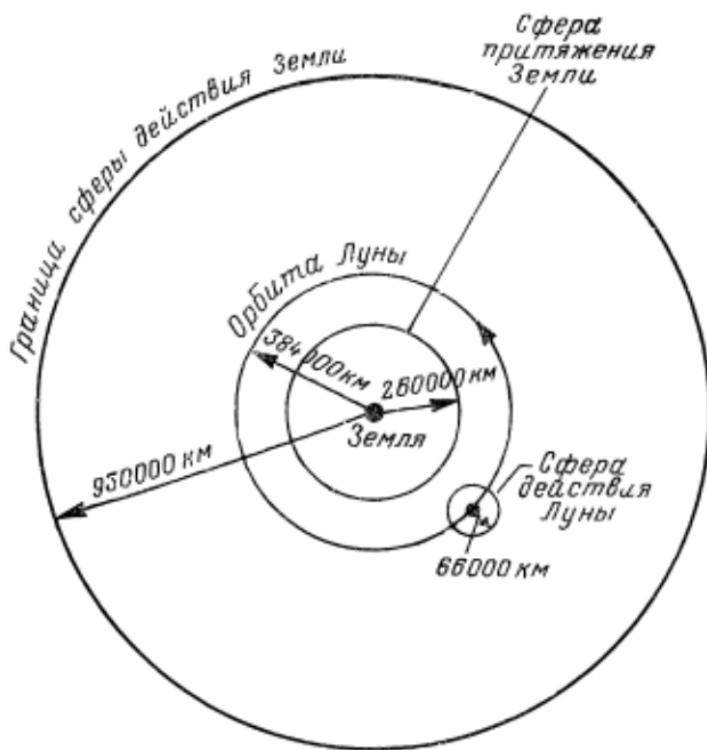


Рис. 1. Сфера притяжения Земли и сферы действия Земли и Луны

щающим — Солнце. Для вычисления траектории КА учитывать это очень важно.

В отличие от шарообразной сферы притяжения, сфера действия — весьма сложная дынеобразная поверхность, которую только приближенно можно рассматривать как слегка вытянутую сферу. Правда, если отношение масс основного тела к возмущающему мало, сфера действия почти не отличима от сферы с центром, совпадающим с центром масс меньшего тела.

Сфера действия Земли (относительно Солнца) имеет радиус, близкий к 930 000 км. Значит, она охватывает и Луну вместе с ее сферой действия (относительно Земли). Из других планет Солнечной системы самой большой сферой действия обладает Нептун (радиус сферы 90 млн. км), самой маленькой — Меркурий (радиус сферы 110 000 км).

Как убедился читатель, и сфера притяжения, и сфера действия — лишь некоторые условные понятия, вовсе не влияющие на то бесспорное заключение, что преодолеть тяготение нельзя. Но, конечно, улететь безвозвратно с Земли в пассивном полете (т. е. после выключения двигателей) можно, и в этом смысле тяготение преодолимо.

## Мы живем на «материальной точке»

Стбит уточнить понятие «материальная точка», очень важное в астрономии. В строгой формулировке закона всемирного тяготения говорится о взаимном притяжении не тел, а «материальных точек». Есть ли здесь разница? Оказывается, есть и притом весьма существенная.

Материальной точкой называется тело таких размеров, которыми можно пренебречь по сравнению с расстояниями в данной задаче.

Разъясним суть этого определения. Вычисляя, скажем, земную орбиту, мы можем пренебречь размерами Земли и Солнца, потому что эти размеры очень малы по сравнению с расстояниями между этими телами (149,6 млн. км). Пренебрегая размерами, мы при этом, разумеется, не пренебрегаем массами Земли и Солнца, а мыслим их сосредоточенными в геометрических точках — их центрах.

Но вот другая задача — расчет близкой к Земле орбиты ИСЗ. При точных расчетах подобного рода пренебречь размерами и формой Земли уже нельзя — эти размеры вполне сравнимы с расстояниями от центра Земли до спутника. Приходится учитывать в такой задаче не только форму Земли, но и распределение в ней массы — мыслить эту массу сосредоточенной в центре нашей планеты уже невозможно. Здесь, правда, нужна оговорка. Представьте себе шарообразное тело, внутри которого плотность вещества зависит только от расстояния до его центра. Нетрудно сообразить, что такое тело будет слоистым, разделенным на слои разной плотности. Легко доказать,

что такое тело, невзирая на его размеры, можно рассматривать как материальную точку — иначе говоря, мыслить всю его массу сосредоточенной в его геометрическом центре.

Крупные небесные тела — Солнце, планеты, наибольшие из их естественных спутников — обладают распределением плотностей, близким к сферическому. Говоря проще, они напоминают нам воображаемый, расслоенный на «сферах» шар. Поэтому при вычислении грубо приближенных орбит, даже близких ИСЗ, массу нашей планеты можно считать полностью сосредоточенной в ее центре.

Выходит, что «материальная точка» — понятие относительное. Одно и то же тело (например, Земля) в одних задачах считается материальной точкой, а в других телом, для которого приходится учитывать всю сложность его формы, состава и строения.

Закон тяготения в приведенной выше форме верен только для материальных точек. Силу взаимного притяжения любых тел по такой простой формуле вычислить нельзя.

Забавно все-таки, что в некотором смысле мы живем... на точке, хотя бы и материальной!

## **Ньютона и космонавтика**

В главном творении Исаака Ньютона, его книге «Математические принципы натуральной философии», опубликованной в 1687 г., есть такое рассуждение:

«Если свинцовое ядро, брошенное горизонтально силою пороха из пушки, поставленной на вершине горы, отлетает по кривой — прежде чем упасть на Землю — на две мили, то (предполагая, что сопротивления воздуха нет), если бросить его с двойной скоростью, оно отлетит приблизительно вдвое дальше, если с десятикратной, то в десять раз. Увеличивая скорость, можно увеличить и дальность полета и уменьшить кривизну линии, по которой ядро двигается, так что можно бы заставить его упасть в расстоянии  $10^\circ$ ,  $30^\circ$  и  $90^\circ$ , можно заставить его окружить всю Землю и даже уйти в небесные пространства и продолжать удаляться до бесконечности» (рис. 2).

Вчитайтесь внимательно в этот несколько старомодный текст и вы убедитесь, что перед вами — первый в

истории проект создания искусственного спутника Земли. Почти триста лет назад, когда самым быстрым способом передвижения считался дилижанс, гений Ньютона предвидел одно из самых замечательных достижений современной техники.

Более того, в той цитате, которую мы привели, говорится не только об искусственном теле (ядре), которое можно заставить «окружить всю Землю». По существу, в

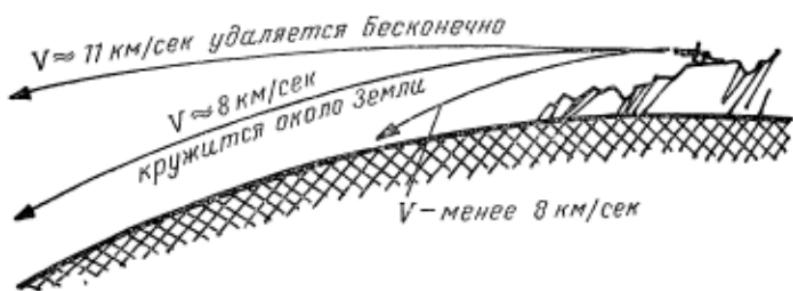


Рис. 2. Задача о Ньютоновой горе

этой знаменитой «задаче о Ньютоновой горе» сформулированы самые основы небесной механики и астрономии. При достаточно большой скорости «свинцовое ядро» уйдет в небесное пространство, а значит, принципиально говоря, оно сможет достичь небесных тел.

В задаче Ньютона ядро и земной шар считаются материальными точками, между которыми вначале (т. е. до выстрела) расстояние равно радиусу Земли. Допустим, что воображаемому ньютонову артиллеристу удалось заставить ядро «окружить Землю». Иначе говоря, ядро превратилось в ИСЗ и приобрело при этом круговую орбиту. Чему равна скорость ядра?

Проведем несложные расчеты. Пусть масса ядра равна  $m$ , ускорение силы тяжести  $g$ , радиус земного шара  $R$ , а скорость самого ядра, превратившегося в ИСЗ, будет  $v$ . Так как сопротивление воздуха по условиям задачи отсутствует, единственной силой, определяющей движение ИСЗ, будет центростремительная сила  $\frac{mv^2}{R}$  (высота горы исчезающе мала по сравнению с радиусом Земли, и ее мы не учитываем). Но ведь эта центростремительная

сила есть сила тяжести, равная весу снаряда. Из очевидного равенства

$$\frac{mv^2}{R} = mg$$

получаем, что

$$v = \sqrt{gR} \approx \sqrt{9.8 \cdot 6378 \cdot 10^3} \approx 7,9 \text{ км/сек.}$$

Такова первая космическая скорость, т. е. скорость воображаемого ИСЗ, обращающегося по круговой орбите у самой поверхности Земли.

Конечно, такой спутник создать нельзя, этого не позволит атмосфера. Только начиная с высот в 160 км тело, выведенное на орбиту ИСЗ, сможет совершить хотя бы один оборот вокруг Земли, не «завязнув» в ее воздушном слое. Но Ньютона рассматривал проблему чисто теоретически, прекрасно понимая, что круговой ИСЗ можно создать (конечно, не с помощью пушки) на больших высотах от Земли. В этом случае формула  $v = \sqrt{gR}$  изменится несущественно. Вместо  $R$  надо взять  $R+h$ , где  $h$  — высота, с которой запускается ИСЗ, а вместо  $g$  ускорение  $a$ , определяемое из формулы

$$\frac{a}{g} = \frac{R^2}{(R+h)^2}.$$

Последнее равенство есть по существу следствие закона всемирного тяготения: ускорения изменяются обратно пропорционально квадратам расстояний от центра притягивающего тела. В итоге получаем формулу, дающую скорость кругового спутника, запущенного с высоты  $h$ :

$$v = R \sqrt{\frac{g}{R+h}}.$$

Итак, круговые ИСЗ могут быть созданы на любой высоте. Возможно ли, однако, создать ИСЗ, которые обращались бы вокруг Земли не по круговым орбитам, а, если возможно, то каковы эти орбиты?

Сейчас каждый школьник знает, что запущенные ИСЗ обращаются вокруг Земли по эллипсам (хотя далеко не каждый школьник знает, возможны ли для ИСЗ другие замкнутые орбиты). Во времена же Ньютона ответы на сформулированные вопросы были далеко не очевидны, и

именно Ньютон впервые дал на них строго обоснованный ответ.

Для удобства математических расчетов Ньютон поставил задачу так.

Представим себе два небесных тела, которые можно считать материальными точками с массами  $m_1$  и  $m_2$ . Допустим, что эти тела притягивают друг друга по закону

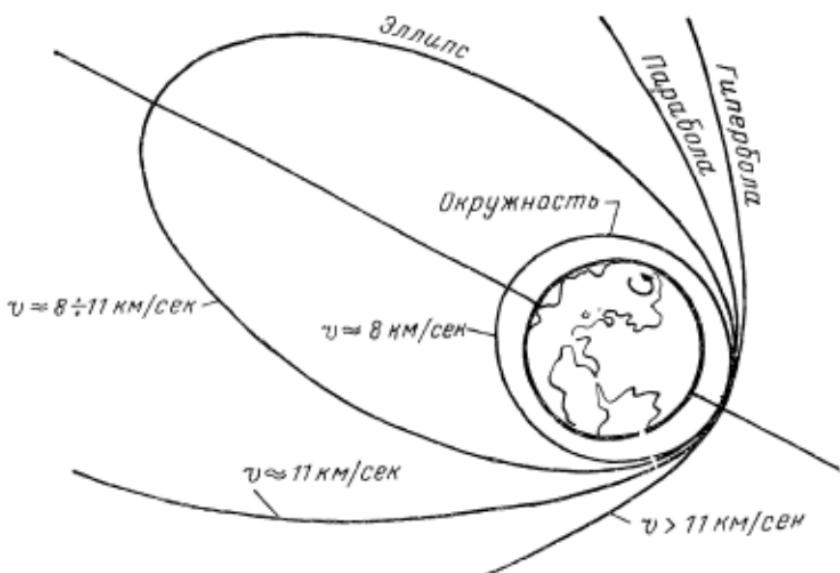


Рис. 3. Возможные орбиты в задаче двух тел

всемирного тяготения и в начальный момент расстояние между ними равно  $r$ , их скорости в пространстве  $v_1$  и  $v_2$ . Если влиянием остальных небесных тел пренебречь, то как будут двигаться эти два небесных тела относительно друг друга?

Такова в формулировке Ньютона «задача двух тел», простейшая задача небесной механики и астродинамики.

Ньютон решил эту задачу. Он доказал, что если одно из тел считать неподвижным, то второе тело может двигаться относительно первого только по одной из известных кривых — эллипсу, параболе или гиперболе (рис. 3). Какова же конкретно будет орбита второго тела — это зависит от исходных данных «задачи двух тел». Нетрудно заметить большое сходство простейшей задачи небесной механики с задачей о Ньютоновой горе. И там и здесь —

два тяготеющих друг к другу тела. И там и здесь некоторые «начальные условия» определяют конкретное решение задачи.

Однако задача двух тел более общая, чем задача Ньютона. В последней начальная скорость второго тела ядра имеет всегда одно и то же (горизонтальное) направление. В «задаче двух тел» как величина, так и направление начальной скорости, а также расстояние между телами могут быть любыми.

Искусственные спутники Земли обращаются на разных высотах. Различны их массы и начальные скорости. Вот почему для расчета орбит ИСЗ приходится пользоваться формулами задачи двух тел.

Если бы можно было пренебречь притяжением небесных тел и считать, что на спутник действует только сила земного тяготения, орбита спутника могла бы быть только окружностью или эллипсом. В действительности движение спутника во многих случаях гораздо сложнее.

Наш естественный спутник — Луна — обладает настолько большой массой и так близок к Земле, что пренебречь его воздействием на искусственные спутники невозможно. Только те из них, которые обращаются вокруг Земли на сравнительно небольшой высоте (сотни километров), не испытывают на себе заметного влияния Луны.

Для более отдаленных спутников притяжение Луны способно сильно усложнить их орбиты.

В таком случае возникает задача не двух, а трех тел. Земли, Луны и спутника. Пусть искусственный спутник расположен где-то между Землей и Луной. Будем считать, что в некоторый начальный момент времени взаимные расстояния трех тел, их массы и начальные скорости известны. Задача состоит в том, чтобы определить, как будут двигаться все три притягивающих друг друга тела, в частности интересующий нас искусственный спутник Земли.

Задача трех тел исключительно сложна, и в общем случае, т. е. когда массы тел могут быть любыми, она по существу не получила и доныне своего решения. Правда, в начале текущего века финский математик Зундман вывел формулы, выражающие положение всех трех тел через начальные условия. Однако формулы Зундмана настолько громоздки, что никаких практических расчетов по ним производить нельзя.

Только в некоторых частных случаях «задача трех тел» допускает сравнительно простые решения. Одно из них было найдено знаменитым французским математиком Лагранжем в конце XVIII века. «Случай Лагранжа» заключается в следующем.

Допустим, что три тела в некоторый момент времени образуют вершины равностороннего треугольника. Тогда,

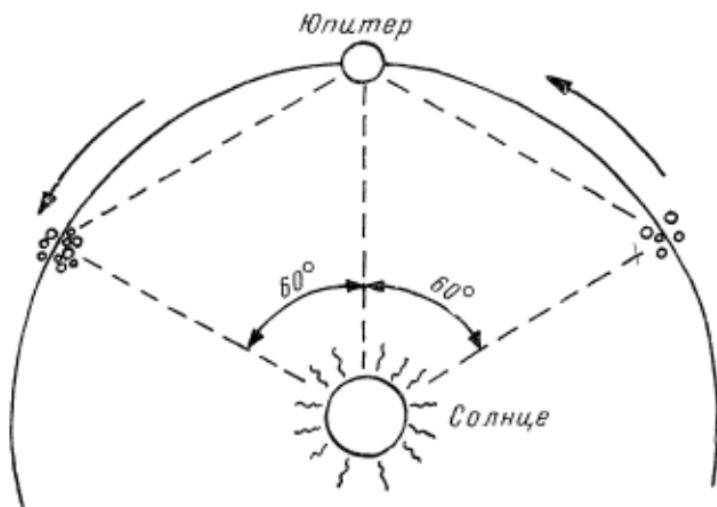


Рис. 4. Астероиды-«тロянцы» и Юпитер

как доказал Лагранж, и в дальнейшем их взаимное расположение не изменится, как бы сложно ни перемещался в своей плоскости равносторонний треугольник.

Любопытно отметить, что «случай Лагранжа» наблюдается в природе. Оказывается, у крупнейшей планеты солнечной системы — Юпитера есть своеобразные «конвоиры». Это — карликовые планеты (астероиды), обращающиеся вокруг Солнца по орбите Юпитера. Десять из них предшествуют Юпитеру, а пять идут сзади, причем в каждый момент времени Солнце, Юпитер и «тロянцы» \* находятся в вершинах двух равносторонних треугольников (рис. 4).

Точки, вблизи которых находятся «тロянцы», в небесной механике называются «треугольными точками либра-

\* Этим астероидам присвоены имена героев Троянской войны, почему их и называют «тロянцами».

ции». Помещенное в них тело окажется в состоянии устойчивого равновесия. Что же касается «троянцев», то, не совпадая в точности с точками либрации, они описывают вокруг этих точек небольшие, но очень сложные орбиты.

По исследованиям Лагранжа, кроме треугольных точек либрации, в задаче трех тел есть еще три прямолинейные точки либрации. Они расположены на прямой, проходящей в нашем случае через центры Земли и Луны. Для космонавтики эти точки, однако, менее интересны, чем предыдущие, так как тело, помещенное в них, оказалось бы в неустойчивом равновесии.

Массы искусственных спутников Земли ничтожно малы по сравнению с массами Земли и Луны. Именно поэтому к вычислению орбит спутников вполне применимы выводы так называемой «ограниченной задачи трех тел». Как раз в этом частном случае задачи трех тел считается, что масса третьего тела бесконечно мала по сравнению с массами двух других тел.

Ограниченнная задача трех тел исследовалась такими крупнейшими математиками XIX века, как Якоби, Джордж Дарвин и Пуанкаре. Ими были вычислены всевозможные замкнутые периодические орбиты, по которым при тех или иных начальных условиях будет двигаться третье тело. Результаты оказались весьма интересными.

На рис. 5 показаны примеры некоторых периодических орбит. Это уже не такие простые кривые, как окружность или эллипс. Многие орбиты имеют весьма сложную и необычную форму.

Исследователи ограниченной задачи трех тел, конечно, не предполагали, что результаты их теоретических изысканий могут иметь какое-нибудь практическое значение. Однако, как это часто бывало в истории науки, то, что казалось отвлеченным, получало впоследствии практическое применение. Чисто теоретические расчеты Ньютона и его последователей нашли себе воплощение в современной космонавтике.

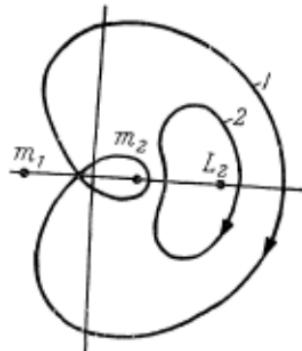


Рис. 5. Периодические орбиты (1 и 2) вокруг точки либрации  $L_2$  в системе тел с массами  $m_1$  и  $m_2$

## Необычные спутники Земли

Не следует думать, что своеобразное содружество «троянцев» и Юпитера — случай совершенно исключительный. Наоборот, в любой системе из двух тел есть треугольные точки либрации, и вблизи этих точек могут находиться какие-то «третий» тела. Должны быть они и в системе Земля—Луна (рис. 6).

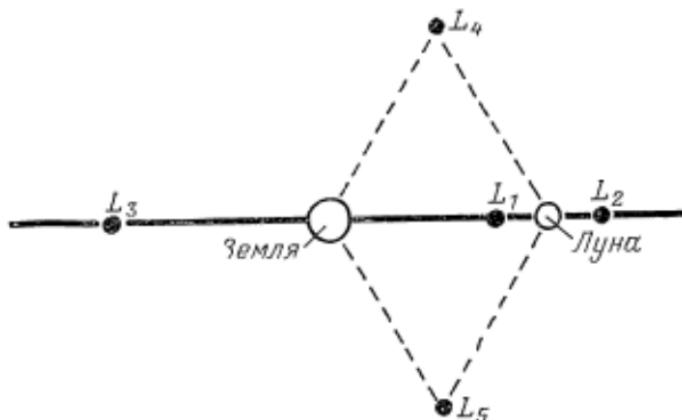


Рис. 6. Прямолинейные ( $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$ ) и треугольные ( $L_4$ ,  $L_5$ ) точки либрации в системе Земля—Луна

После десятилетних поисков весной 1961 г. польский астроном К. Кордылевский обнаружил, наконец, нечто подобное «троянцам». В районе треугольных точек либрации системы Земля—Луна сосредоточились два огромных облака космической пыли. Рассеивая солнечный свет, они становятся видимыми на земном небе в некоторые темные и особенно прозрачные ночи. По-видимому, облака Кордылевского — образования нестабильные. Часть пылинок постепенно уходит из зон устойчивого равновесия, но на их место из окружающего межпланетного пространства поступают новые порции космической пыли.

Еще в 1955 г. автор этих строк предложил создать в системе Земля—Луна «либрационные» спутники Земли\*. Позже аналогичные проекты были опубликованы и за рубежом.

\* Бюллетень Всесоюзного Астрономо геодезического общества, № 21, 1958.

Либрационные спутники Земли в некоторых отношениях, безусловно, интересны. На них можно создать астрономические обсерватории с весьма широким кругозором — Луна оттуда будет видна такой же, как с Земли, а Земля такой же, как с Луны.

Либрационные спутники цепны для исследования космических лучей тем, что на них практически не сказы-

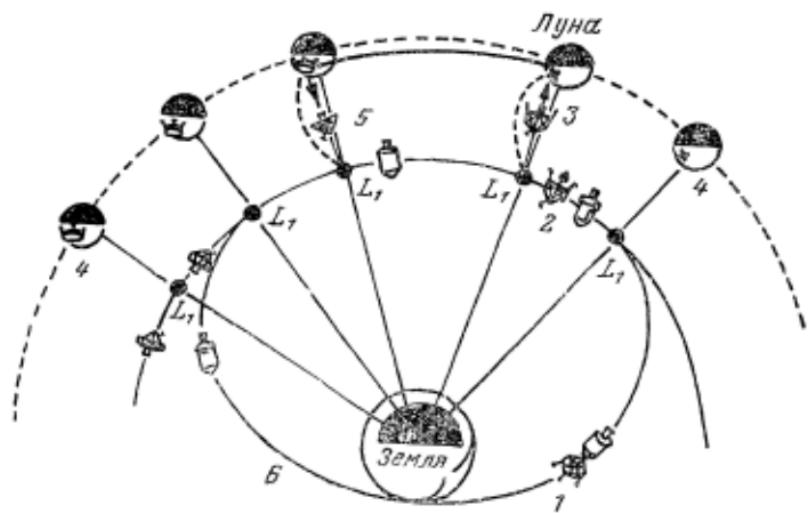


Рис. 7. Одна из схем перелета к Луне с возвращением на Землю:

1 — траектория перелета к  $L_1$ ; 2 — отделение посадочного отсека; 3 — посадка на Луну; 4 — лунная база; 5 — перелет с Луны в  $L_1$ ; 6 — возвращение на Землю

вается экранирующее действие Земли и Луны. Интересно изучить непосредственно и те твердые пылинки, которые скапливаются в районе либрационных точек, как в своеобразных «потенциальных ямах».

Можно создать в будущем и либрационные заправочные станции для космических кораблей, летящих в дальние рейсы.

Разумеется, либрационные спутники Земли не будут неизменно покоиться в треугольных точках либрации. Возмущающее действие Солнца и других факторов заставит эти спутники совершать вблизи точек либрации замысловатые непериодические орбиты. Расчеты, однако, показывают, что возмущающие ускорения очень невели-

ки — в миллионы раз меньше ускорения силы тяжести. Значит, с помощью реактивных двигателей, развивающих совсем небольшие тяги, можно всегда удержать спутники в окрестности треугольных точек либрации.

Интересны и прямолинейные точки либрации  $L_1$  и  $L_2$ . Спутники, удерживаемые в окрестности этих точек с помощью корректирующих двигателей, все время будут оставаться почти на одной прямой, проходящей через центры Земли и Луны. Это обстоятельство, возможно, окажется выгодным в практическом отношении. Так, например, КА, помещенный в точку  $L_2$ , может быть использован для радиоастрономических наблюдений, так как он находится в «конусе молчания», т. е. там, куда радиоволны с Земли, загороженной Луной, не доходят. В точке  $L_1$  удобно создать промежуточную «пересадочную» станцию при регулярных полетах к Луне (рис. 7). Из этой точки удобно следить за тем, что происходит на лунной поверхности (от Луны до нее 58 000 км).

Надо думать, что когда-нибудь не на бумаге, а в межпланетном пространстве появятся необычные либрационные спутники Земли.

## **Нереальные задачи**

Когда математические методы применяют для решения физических задач, обычно приходится упрощать реальную обстановку. Окружающие нас явления и отдельные предметы бесконечно сложны. Охватить все стороны, все качества предметов во всей их сложности мы, естественно, не можем — приходится пробираться к истине долгим путем последовательных приближений. При этом некоторые абстрактные задачи в действительности могут не иметь решения. Рассмотрим две из таких задач.

*Задача первая:* можно ли создать спутник Земли со строго круговой орбитой?

Как известно, окружность — частный случай эллипса. Вытянутость эллипса характеризуется эксцентриситетом — отношением расстояния между фокусами эллипса к его большой оси. Окружность можно рассматривать как эллипс, фокусы которого совпадают в одной точке. Следовательно, эксцентриситет окружности равен нулю. У

других эллипсов, отличающихся от окружности, эксцентрикитеты могут быть самыми различными (в пределах от нуля до единицы).

Подсчитаем теперь вероятность того, что выводимый на орбиту спутник будет обращаться вокруг Земли по окружности. Всевозможных эксцентрикитетов для разных эллиптических орбит бесчисленное множество. Из них только один (равный нулю) соответствует окружности. Следовательно, вероятность того, что спутник приобретает строго круговую орбиту, равно отношению единицы к бесконечности, т. е. нулю. Таким образом, создать спутник со строго круговой орбитой невозможно.

По тем же причинам у КА не может быть строго параболических траекторий — эксцентрикитет параболы равен единице, а эксцентрикитетов, не равных единице, бесчисленное множество. Следовательно, для КА реально возможны лишь эллиптические и гиперболические траектории.

Легко, однако, видеть, что вывести КА на любую эллиптическую и гиперболическую орбиту с наперед заданным эксцентрикитетом теоретически также оказывается невозможным. И причина все та же — из бесчисленного множества всевозможных эксцентрикитетов заданный эксцентрикитет единственный.

Вывод ясен: реальная орбита КА всегда будет отличаться от расчетной. Повинна в этом, конечно, не только теория вероятностей.

Под действием различных возмущающих сил траектории КА вообще отличаются (иногда слегка, а иногда коренным образом) от таких простых кривых, как гипербола или эллипс.

*Задача вторая.* Можно ли создать неподвижный спутник Земли?

Сразу же обратим внимание читателя на некорректность, неточность поставленной задачи. Что значит «неподвижный» спутник? В какой системе отсчета, в какой системе координат он должен считаться неподвижным? Обычно, ставя такую задачу, имеют в виду систему отсчета, связанную с земным наблюдателем. Следовательно, задача формулируется так: можно ли создать спутник, неподвижно висящий над одной и той же точкой земной поверхности?

С первого взгляда задача допускает простое решение. Представим себе круговой (или почти круговой) ИСЗ, обращающийся в экваториальной плоскости нашей планеты. Чем больше радиус орбиты такого спутника, тем продолжительнее период его обращения вокруг Земли. Легко подсчитать, что на высоте 35 810 км период обращения спутника становится равным суткам. Значит, такой «суточный» спутник будет неподвижно висеть над одной и той же точкой земного экватора. Так было бы и на самом деле, если бы Земля была идеальным шаром со строго сферическим распределением плотностей, а, кроме Земли и спутника, никаких других тел в природе бы не существовало.

На самом же деле возмущения со стороны Луны и Солнца, а также Земли, несферичной и очень сложной по внутренней структуре планеты, заставят «суточный» спутник все время смещаться весьма сложным образом. При этом, правда, удаляться от зенита того пункта на экваторе, где находится наблюдатель, он будет незначительно, но строгой неподвижности добиться не удастся.

## **Рычаг, маятник и искусственные спутники Земли**

Обращаясь вокруг Земли по эллиптической орбите, спутник движется неравномерно. С приближением к Земле его линейная скорость возрастает, с удалением от Земли уменьшается. Быстрее всего ИСЗ движутся в перигее — ближайшей к Земле точке их орбит. Наоборот, в апогее, самой удаленной от Земли точке орбиты, их скорости минимальны.

Несложными расчетами можно получить замечательное правило: отношение линейных скоростей ИСЗ в перигее и апогее равно отношению апогейного расстояния к перигейному.

Иначе говоря, получается правило, напоминающее знаменитое правило рычага: произведение силы на плечо есть величина постоянная. Аналогия в этом случае, пожалуй, чисто внешняя — между рычагом и ИСЗ прямого сходства нет.

Этого нельзя сказать о другом примере, связывающем ИСЗ с ...маятниками!

Как уже было показано выше, скорость кругового ИСЗ, запущенного на высоте  $h$ , определяется формулой

$$v = R \sqrt{\frac{g}{R+h}}.$$

При равномерном круговом движении

$$v = \frac{2\pi(R+h)}{T},$$

где  $T$  — период обращения спутника.

Приравнивая правые части этих двух формул, окончательно получаем, что

$$T = 2\pi \frac{(R+h)^{3/2}}{R\sqrt{g}}.$$

Если положить  $h = 0$ , то

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{R}{g}}.$$

Формула эта как две капли воды похожа на ту, по которой можно вычислить период качания математического маятника, но только вместо  $l$  — длины маятника — в этой формуле стоит  $R$ . Случайна ли эта аналогия?

Вспомните простой школьный опыт: укрепленный на центробежной машине шарик приводится в быстрое вращение. Двигается шарик по окружности, а тень от шарика на экране совершает быстрые колебательные движения совсем такого же типа, как и колебания математического маятника.

Вывод ясен — равномерное круговое движение «равноценно» гармоническим колебаниям, т. е. колебаниям как раз такого типа, которые присущи математическому маятнику.

Есть и еще одно важное сходство спутников и маятников. Как идеальный математический маятник может колебаться неограниченно долго, не расходуя при этом никакой энергии и не требуя энергии извне, так и ИСЗ (если отбросить сопротивление атмосферы и другие возмущающие факторы) способны совершать свои полеты вокруг Земли неограниченно долго и без затраты энергии.

Объясняется все это тем, что поле тяжести (для маятника) и гравитационное поле (для ИСЗ) принадлежат к

типу так называемых потенциальных силовых полей, в которых работа, совершаемая при перемещении тела по любой замкнутой траектории, всегда равна нулю. Как видите, сходство спутников и маятников не только внешнее.

## Торможение, ускоряющее полет

Если тело движется в сопротивляющейся среде, то это сопротивление тормозит тело, уменьшая его линейную скорость. Так, например, при прочих равных условиях артиллерийский снаряд при отсутствии земной атмосферы пролетел бы большее расстояние, чем в воздухе. Но из этого почти всеобщего правила есть одно любопытное исключение.

Искусственные спутники Земли, встречая сопротивление воздуха, должны, казалось бы, замедлять свой полет. Иначе говоря, их линейная скорость должна убывать. На самом же деле торможение в земной атмосфере ускоряет полет спутников. И линейная, и угловая скорости при торможении увеличиваются. Это явление, с первого взгляда совершенно непонятное, получило наименование «парадокс спутника». Попробуем разобраться, в чем его суть.

Снова представим себе идеальный круговой спутник, летящий в сопротивляющейся среде — земной атмосфере. Сопротивление воздуха уменьшает кинетическую энергию спутника, и он начинает медленно падать к Земле. Если спутник затормозить до полной остановки, он, очевидно, упадет на Землю по вертикали. При очень слабом торможении в разреженных слоях верхней атмосферы происходит иное: линейная скорость спутника перестает быть строго горизонтальной, т. е. направленной перпендикулярно к направлению на центр Земли. Она чуть-чуть наклоняется вниз, к земной поверхности, и теперь ее можно разложить на две составляющие — горизонтальную (или тангенциальную)  $v_t$  и вертикальную (или радиальную)  $v_r$ . Очевидно, что полная скорость спутника  $v$  определяется формулой

$$v = \sqrt{v_t^2 + v_r^2}.$$

Радиальная составляющая  $v_r$  — это, в сущности, скорость падения спутника по вертикали на Землю. Она

непрерывно возрастает. Вторая составляющая  $v_t$  сначала убывает, пока спутник в своем движении описывает центральный угол  $108^\circ$ , затем возрастает \*.

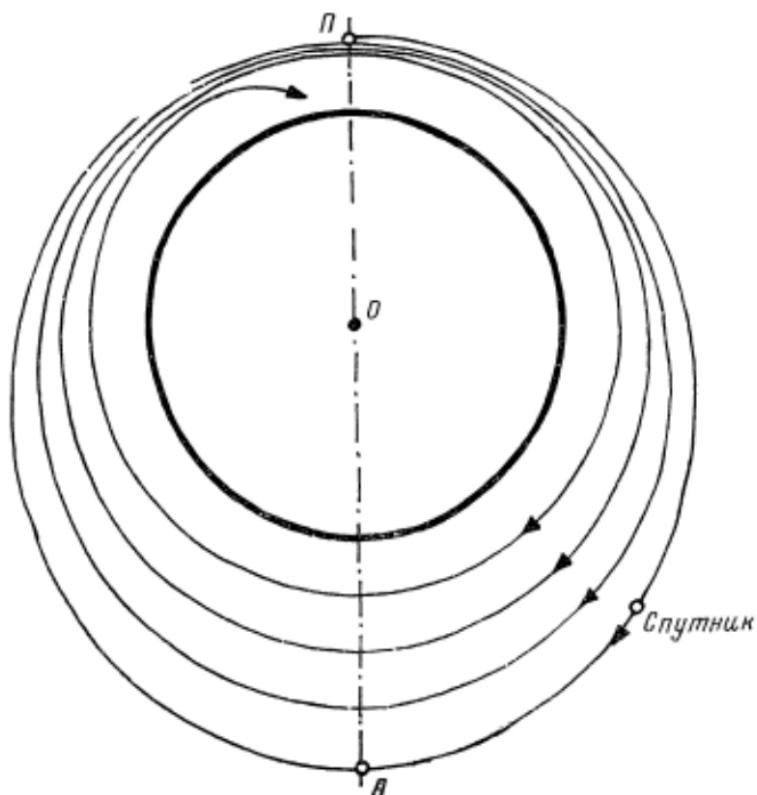


Рис. 8. Движение спутника в земной атмосфере

Сущность парадокса состоит в том, что на этом участке скорость  $v_r$  возрастает гораздо быстрее, чем убывает  $v_t$ . Иначе говоря, уменьшение  $v_t$  компенсируется ростом  $v_r$ , и полная скорость спутника также возрастает.

Эта скорость  $v$ , как уже говорилось, слегка наклонена к Земле, поэтому спутник начинает приближаться к Земле по сворачивающейся спирали (рис. 8). Замечательно, что при этом растет не только его линейная, но и его угловая скорость — ведь меньшим расстояниям от центра Земли соответствуют меньшие периоды обращения.

\* П. Е. Эльясберг Введение в теорию полета искусственных спутников Земли, изд-во «Наука», 1967.

Но «парадокс спутника» наблюдается до тех пор, пока спутник, снижаясь все больше и больше, не попадает в такие плотные слои атмосферы, где  $v_r$  начинает уменьшаться быстрее, чем возрастает  $v_\theta$ . Теперь уже тангенциальная составляющая, так сказать, «задает тон», и полная скорость быстро убывает. Но в этой стадии полета КА уже перестает быть спутником Земли.

«Завязнув» в атмосфере, он быстро падает на земную поверхность \*.

## Долго ли «живут» спутники?

Акт рождения искусственного спутника Земли — его отделение от ракеты-носителя и выход на самостоятельную орбиту. После некоторого (иногда очень большого) числа оборотов вокруг Земли ИСЗ под действием сопротивления атмосферы постепенно снижается и в конце концов завершает свое существование падением на земную поверхность.

Такова естественная «смерть» спутника. Возможны, конечно, и другие варианты, скажем, гибель спутника от столкновения с метеоритом или другим искусственным космическим телом или принудительное «автоматическое» возвращение его на Землю. Если ИСЗ обращается в самых верхних, разреженных слоях атмосферы или тем более за ее пределами, он имеет все шансы стать «долгожителем» — срок его существования неопределенно велик. Очевидно, что столь же долговечны искусственные спутники Луны, вокруг которой нет атмосферы.

Продолжительность жизни спутника в «естественном» варианте (т. е. от момента выхода на орбиту до момента падения на Землю в результате сопротивления атмосфery) зависит от ряда причин.

Существенную роль играет не только плотность атмосферы на разных высотах, но и, например, аэродинамические качества спутника, его форма, размеры, масса. Очевидно, если спутник имеет нечто вроде крыльев, создающих подъемную силу, то при прочих равных условиях он просуществует дольше, чем другой спутник той же массы, но не имеющий этих аэродинамических качеств.

\* Подробнее о «парадоксе спутника» см. М. Б. Балк «Элементы динамики космического полета», изд-во «Наука», 1965.

Словом, теоретические расчеты, некоторые результаты которых мы сейчас приведем, носят несколько условный, приближенный характер. Но реальные и теоретические сроки жизни спутников различаются не столь уж существенно.

Представим себе спутник весом в 100 кг, имеющий форму шара поперечником в 1 м. Допустим, что первоначально он обращался вокруг Земли по круговой орбите на некоторой высоте  $h$ . Сопротивление атмосферы превратит круговую орбиту в медленно скручивающуюся спираль, которая через время  $t$  приведет спутник на Землю. Вот таблица, полученная в итоге теоретических расчетов:

Высота $h$ , км	200	250	300	350	400	500
Время $t$ сутки	0,4	4	20	65	100	1010

Получается, что с высот 500 км и более продолжительность жизни кругового спутника измеряется годами, а то и десятилетиями.

Большинство ИСЗ имеют заметно (а иногда и очень сильно) вытянутые эллиптические орбиты. Высота перигея, то есть ближайшей к Земле точки орбиты, может значительно расходиться с высотой апогея — наиболее удаленной ее точки.

Плотность атмосферы быстро убывает с высотой. Наглядности ради предположим, что перигей орбиты ИСЗ находится в атмосфере, а апогей — за ее пределами. Каждый раз, пролетая через перигей, ИСЗ расходует часть своей кинетической энергии на преодоление сопротивления атмосферы. Несколько «обессилев» в этой борьбе, ИСЗ уже не в состоянии достичь прежней высоты апогея. Иначе говоря, с каждым оборотом спутника апогей пусть медленно, но неуклонно будет приближаться к Земле. Не останется неподвижным и перигей — высота его также медленно убывает. Но вот что любопытно — апогей приближается к поверхности Земли быстрее, чем перигей (см. рис. 8). В результате орбита ИСЗ не только уменьшается, но постепенно все больше и больше станов-

вится похожей на окружность. Конечный итог таков, как и в предыдущем случае — падение ИСЗ на Землю. Но вычисления здесь сложнее и результаты получаются несколько иными.

Вот таблица, показывающая продолжительность жизни такого же спутника, как и в первом случае, в зависимости от высоты перигея и апогея первоначальной орбиты:

Высота перигея в км	Продолжительность жизни спутника в сутках при различной высоте апогея в км				
	500	700	1000	1300	1600
200	9	18	37	58	82
230	25	52	102	165	237
260	53	116	238	370	535
300	114	260	545	890	1280
400	410	1120	2630	4450	6600

Легко видеть, что с увеличением высоты точки запуска спутника (это и есть высота перигея) продолжительность его жизни растет гораздо быстрее, чем при удалении апогея от Земли.

Другие спутники будут, конечно, иметь иные сроки существования, чем те, которые указаны в этих двух таблицах. Например, для спутника диаметром 2 м и весом в 1 т все приведенные сроки надо увеличить в 2,5 раза. И вообще (при прочих равных условиях), чем массивнее спутник, тем дольше будет продолжаться его космический полет.

К марта 1968 г. общее число всех запущенных космических аппаратов и выведенных вместе с ними различных предметов составляло около 3300, в том числе спутников, автоматических станций и пилотируемых кораблей около 800, а сейчас их еще больше. Все вместе взятые они весьма весомы — их общий вес близок к 2500 т!

Многие из этих искусственных небесных тел до сих пор остаются на околоземных орbitах, хотя и отслужили свою службу. Пока в окрестностях Земли еще не тесно — один искусственный объект встречается в кубическом объеме пространства со стороной в несколько тысяч километров. Однако космическая техника быстро прогрес-

сирует и, если темпы не снизятся, к 1990 г. на околоземных орbitах будет предположительно более миллиона ИСЗ!

Пора уже сейчас подумать, как упорядочить это небесное хозяйство. Вероятно, целесообразно «отработанные» ИСЗ возвращать на Землю или взрывать на орбитах. Вероятно, со временем придется ограничить запуски ИСЗ, исключить дублирование, создать «свободные зоны» для выхода космических кораблей в дальний космос. Ожидать естественной «смерти» спутников вряд ли целесообразно.

Еще один любопытный штрих. Сроки жизни спутников зависят от... активности Солнца! Оказывается, в период максимума солнечной активности (например, 1968—1969 гг.) плотность атмосферы возрастает, а жизнь спутников укорачивается.

## **Смотрите — спутник!**

Вспоминаются осенние ночи 1957 года. Помните, как это было? С каким жадным любопытством тысячи людей смотрели на небо и восхищенными возгласами встречали появление первого искусственного небесного тела, первого искусственного спутника Земли!

Сейчас мы привыкли к этим чудесам науки, и очередной запуск ИСЗ производит на нас не большее впечатление, чем обычный полет рейсового самолета. Спутники Земли прочно вошли в обыденную нашу жизнь.

Но на сотнях научных станций ведется кропотливая «служба ИСЗ». Спутники наблюдают в специальные телескопы, фотографируют их полет, принимают радиопередачи из Космоса, определяют возможно точнее орбиты искусственных небесных тел. Может быть, у кого-нибудь из читателей этой книги возникнет желание самомуувидеть спутник. Как это сделать?

Спутники видны не всегда. Будучи телами несамосвещущимися, ИСЗ становятся доступными для наблюдения на темном небе только тогда, когда освещаются прямыми солнечными лучами. Попадая же внутрь исполнинской конусообразной тени, отбрасываемой Землей в межпла-

нетное пространство, спутники становятся невидимыми.

Когда-нибудь в будущем, когда на многих спутниках установят яркие источники света, их удастся наблюдать и внутри земной тени, а пока самое подходящее для наблюдений время — сумерки. Примерно через 30—40 минут после захода Солнца можно приступить к наблюдениям.

Крупный спутник легко себя обнаруживает, как яркая звездочка, быстро плывущая в высоте звездного неба. Обратите внимание — скорость спутника меняется: чем ближе к зениту, тем быстрее он движется. Эта неравномерность полета — элементарный обман зрения. Линейная скорость спутника, т. е. отрезки траектории, проходимые им в единицу времени, примерно одинаковы (для орбит, близких к круговым), но наблюдатель видит эти отрезки в разные моменты под различным углом — отсюда и иллюзия ускорения.

Смотрите — блеск спутника неодинаков, а заметно меняется. Это уже не обман зрения, а реальность. Главных причин — две. Во-первых, подобно крошечной Луне, спутник, имеющий зеркальную поверхность, меняет фазы. Во-вторых, спутники, как правило, кувыркаются, вращаются в полете. А так как многие из спутников имеют сложную форму, изменения видимой с Земли части поверхности спутника порождают колебания его блеска.

Кстати сказать, изучение этих «кувыроканий» спутников — одна из очень важных актуальных задач современной космонавтики.

Наблюдая спутник, вы иногда заметите, что траектория его полета искривлена — спутник буквально на глазах изменяет направление своего полета. Вызвано это сложным сочетанием двух движений — полетом спутника по его орбите (поворачивающейся в пространстве и меняющей свою форму) и вращением Земли вместе с наблюдателем.

В книге А. А. Штернфельда «Искусственные спутники» (Гостехиздат, 1958 г.) — первой отечественной монографии об ИСЗ — читатель найдет подробные объяснения всех особенностей видимого движения ИСЗ.

Ваши наблюдения спутника неожиданно прекращаются — спутник сразу исчезает, как бы провалившись в бездонную пропасть мирового пространства. На самом

деле наступило затмение спутника — он попал в земную тень.

Несмотря на разветвленную сеть станций наблюдения ИСЗ, дополнительные визуальные и особенно фотографические наблюдения спутников могут и сегодня иметь научное значение. Как организовать такие наблюдения и провести их с максимальным научным эффектом, рассказано в двух небольших книжках: С. А. Каплан «Как увидеть, услышать и сфотографировать искусственные спутники Земли» (Физматгиз, 1958 г.) и И. С. Астапович, С. А. Каплан «Визуальные наблюдения искусственных спутников Земли» (Гостехиздат, 1957 г.).

## **Искусственные спутники других небесных тел**

В 1957 г. на Международном Астрономическом Конгрессе в Риме было высказано мнение, что первые искусственные спутники Луны будут созданы до запуска первых космических кораблей с экипажем. Как и многие другие прогнозы в области космонавтики, это предсказание оказалось неточным: полет Юрия Гагарина состоялся 12 апреля 1961 г., а запуск первого советского искусственного спутника Луны — лишь пять лет спустя.

Первое десятилетие космической эры показало, что искусственные спутники разного типа и назначения — неизбежный этап в освоении Космоса. Трудно даже просто перечислить ту пользу (в широком смысле этого слова), которую уже принесли человечеству искусственные спутники Земли. Они оказались прекрасным инструментом для изучения формы, размеров, строения Земли. С их помощью изучают земную атмосферу, радиационные пояса, метеорологию нашей планеты. Спутники связи связали радиоволнами страны и континенты. Они уже успели зарекомендовать себя как прекрасные физические лаборатории и астрономические обсерватории нового типа. Не за горами создание крупных стационарных заатмосферных космических институтов и заправочных станций для межпланетных перелетов.

Всего не перечесть, но этот опыт подсказывает нам, что со временем, по-видимому, все крупные тела солнечной системы обзаведутся созданными человеком искус-

ственными спутниками. Эти разведчики Космоса уже успешно исследуют Луну, ее окрестности, и в будущем Луна, вероятно, будет окружена многочисленной свитой искусственных небесных тел. Каковы же скорости, необходимые для создания искусственных спутников различных небесных тел?

Формула, определяющая так называемую первую космическую скорость, очень проста:

$$v = \sqrt{gR},$$

где  $R$  — радиус Земли, а  $g$  — ускорение силы тяжести.

Как уже говорилось, такой скоростью (7,9 км/сек) обладал бы воображаемый круговой искусственный спутник Земли, запущенный около самой ее поверхности.

Если в этой формуле ускорение земной силы тяжести  $g$  заменить ускорением силы тяжести  $a$  на поверхности данного небольшого тела, а под  $R$  понимать радиус этого тела, то формула

$$v = \sqrt{aR}$$

будет определять первую космическую скорость для данного небесного тела.

Для Луны эта скорость составляет всего 1,7 км/сек, поэтому запуск лунного спутника (с лунной поверхности) потребует меньших энергетических затрат, чем создание ИСЗ. С увеличением высоты над лунной поверхностью скорость соответствующего кругового спутника, естественно, убывает, но незначительно. Так, например, на высоте 10 км она равна 1,674 км/сек, а на высоте 50 км — 1,655 км/сек. Соответственно периоды обращения равны 1 час 49 мин 20 сек и 1 час 53 мин 7 сек. Разница, как видите, небольшая, и вызвано это малым градиентом гравитационного поля Луны. Говоря проще, с удалением от Луны ее притяжение убывает медленно — отсюда и небольшая разница в скоростях различных круговых спутников.

Из всех крупных планет легче всего создать искусственный спутник Меркурия — первая космическая скорость на Меркурии составляет 2,9 км/сек.

Зато превратить какое-нибудь тело в искусственный спутник Юпитера сегодня кажется задачей, почти неосу-

ществимой — ведь первая круговая скорость для величайшей из планет составляет 42,6 км/сек!

Можно доказать, что период обращения «нулевого» (т. е. движущегося около самой поверхности) кругового спутника данного небесного тела зависит только от средней плотности этого тела. Точнее говоря, период обращения  $T$  обратно пропорционален корню квадратному из средней плотности  $\rho$ , т. е.  $T = \frac{k}{\sqrt{\rho}}$ , где  $k$  — коэффициент пропорциональности.

С первого взгляда этот вывод парадоксален. Например, период обращения нулевых круговых спутников для Меркурия и Земли почти одинаков, хотя размеры и массы этих планет весьма различны. Кстати сказать, этот период (1 час 24 мин) наименьший из всех других. Наибольший период будет у спутника Сатурна — 3 часа 45 мин.

Очевидно, что создать нулевой круговой спутник Солнца — задача непосильная, по крайней мере для нашего поколения — для этого необходима скорость в 437,5 км/сек. Но если бы все-таки такой спутник стал реальностью, период его обращения составил бы 2 часа 46 мин — почти столько же, сколько у нулевых круговых спутников Урана и Юпитера.

Может быть, со временем возникнет нужда в искусственных спутниках астероидов или крупнейших из лун других планет. Рассчитать их возможные орбиты можно, конечно, уже сегодня.

Следует сделать важную оговорку — мы рассказывали сейчас только о круговых искусственных спутниках других небесных тел, т. е. о некоторых идеализированных, нереальных объектах. На самом деле и существующие спутники Луны и спутники других небесных тел будут обладать эллиптическими орбитами. У каждой из таких орбит будет ближайшая к телу точка —periцентр и наиболее от него удаленная — апоцентр. Идеально круговых орбит в природе нет.

## Как попасть в Луну?

Когда охотник старается попасть в летящую птицу, он стреляет, как говорят, с упреждением — метится не в цель, а в некоторую точку впереди цели, там, где дол-

жны встретиться дробь и птица. Нельзя ли эту несложную методику применить в космонавтике? Нельзя ли при запуске лунной ракеты метиться в Луну, как в летящую птицу?

Среди различных «траекторий попадания» в Луну мыслима, конечно, и прямолинейная радиальная траек-

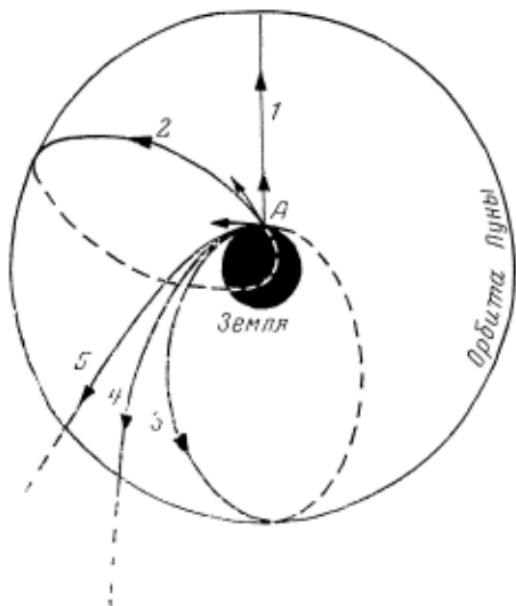


Рис. 9. Траектория достижения лунной орбиты:

1, 2, 3 — с минимальными скоростями; 4 — с параболической скоростью; 5 — с гиперболической скоростью

тория, соединяющая точку старта лунной ракеты с лунной орбитой (рис. 9). Начальная скорость при этом может быть выбрана такой, чтобы ракета достигла лунной орбиты, так сказать, «на излете», со скоростью, близкой к нулю. Расчеты показывают, что при запуске с поверхности Земли эта скорость равна 11,09 км/сек, что меньше второй космической скорости всего лишь на один процент.

Можно достичь лунной орбиты иначе, избрав в качестве траекторий попадания различные сильно вытянутые эллипсы. Любопытно, что для этого ракете надо при старте сообщить скорость лишь чуть-чуть большую

(на 1—2 м/сек), чем в первом случае. Казалось бы, если рассчитать момент старта так, что с прилетом ракеты на лунную орбиту и Луна очутится в той же точке, задача будет решена — ракета попадает в цель. Не тут то было — на самом деле никакого попадания не будет и ракета пролетит мимо Луны!

Неудача объясняется прежде всего тем, что Луна (в отличие от птицы) обладает сильным гравитационным полем, и если охотнику и в голову не придет учитывать при стрельбе притяжение дроби к птице, то в космонавтике такое легкомысление абсолютно недопустимо.

В сущности, при «стрельбе» в Луну приходится решать задачу трех тел: как будет двигаться ракета под действием тяготения Земли и Луны. Строго говоря, в такой задаче возможными траекториями уже не могут быть конические сечения — эллипс, гипербола или парабола. Лишь в некоторых случаях и на некотором интервале траектория ракеты будет мало отличаться от какой-нибудь из этих кривых.

Нельзя «стрелять» в Луну и по радиальной прямолинейной траектории просто потому, что при подлете к Луне притяжение последней непременно искривит эту траекторию. С другой стороны, для такой строго прямолинейной траектории нужно абсолютно точно соблюсти расчетные начальные условия запуска. Малейшие отклонения в величине или направлении начальной скорости неизвестно искривят траекторию ракеты. Насколько легко сообщить телу прямолинейную радиальную траекторию при падении на Землю (выпустите из рук поднятый вами камень), настолько же трудно сообщить любому телу строго вертикальную траекторию взлета.

Попробуем исправить ошибку и при «стрельбе» в Луну постараемся учесть ее гравитационное поле. Мы уже говорили о том, что такое сфера притяжения Луны. Человек, не искушенный в космонавтике, может легко поддаться соблазну упростить задачу и метиться с Земли не в Луну, а в ...сферу ее притяжения.

Что и говорить, с первого взгляда задача действительно как будто упрощается. Сфера притяжения Луны имеет поперечник 85 000 км. Это почти в 25 раз превосходит диаметр Луны, и на небе лунная сфера притяжения занимает область, почти такую же по размерам, как ковш

Большой Медведицы. Что если послать ракету не сразу на Луну, а в какую-нибудь точку лунной сферы притяжения? Даже достигнув этой точки с нулевой конечной скоростью, ракета затем будет притянута Луной и сама без дополнительных энергетических затрат упадет на лунную поверхность.

В этом внешне логичном рассуждении заключено несколько грубых ошибок. Пусть ракета с нулевой скоростью (относительно Земли!) достигнет какой-нибудь точки лунной сферы притяжения. Но ведь Луна движется по своей орбите и поэтому скорость ракеты относительно Луны не будет равна нулю. И эта скорость (около 1 км/сек) окажется гиперболической относительно Луны, т. е. ракета не упадет на Луну, а, наоборот, улетит от нее по гиперболической орбите!

С другой стороны, на ракету, достигшую сферы притяжения Луны, будут действовать две силы: тяготение Луны и тяготение Земли.

По абсолютной величине эти силы равны, но направлены они в разные стороны, и их равнодействующая не нацелена на Луну. Значит, и с этой точки зрения стрельба по лунной мишени обречена на неудачу. Есть и другие причины, по которым попадание в Луну превращается в сложную задачу.

Для ее строгого решения (с учетом не только притяжения Луны, но и ее движения) приходится прибегать к помощи быстродействующих электронных вычислительных машин. Еще в 1957 г., задолго до запуска первых лунных ракет, В. А. Егоровым была опубликована работа\*, в которой рассматривались результаты вычисления разных лунных траекторий.

Странными, замысловатыми выглядят орбиты пассивного (т. е. с выключенным двигателем) полета к Луне, вокруг и мимо нее. В районах, далеких от Луны, эти траектории почти не отличаются от конических сечений, но вблизи Луны картина резко меняется — в зависимости от направления и величины скорости ракеты при ее входе в сферу действия (а не притяжения!) Луны получаются траектории различных типов — траектории попадания, долетные и облетные (рис. 10).

\* В. А. Егоров. О некоторых задачах динамики полета к Луне, «Успехи физических наук», т. 63, вып. Ia, 1957.

Анализ траекторий попадания показывает, что для достижения цели надо метиться не в сферу притяжения Луны, а в гораздо меньшую пространственную область. Говоря конкретнее, надо рассчитать полет ракеты так, чтобы на расстоянии от Луны, близком к 66 000 км, вектор скорости лунника прошел при своем продолжении от центра Луны на расстоянии не более чем 5000 км. Получается, что к Луне ведет некий узкий криволинейный «канал», попасть в который очень и очень трудно. Малейшие отклонения в начальных «стартовых» скоростях могут привести к неудаче.

Попасть в Луну можно, но промахнуться — гораздо вероятнее, особенно если для ракеты выбираются траектории, не лежащие в плоскости лунной орбиты. Практически же подходя к этой проблеме, можно сказать, что все траектории пассивного полета на Луну очень трудно осуществимы. Выход был найден в коррекции — т. е. в изменении первоначальной траектории ракеты с помощью специальных бортовых ракетных двигателей, включаемых в определенный момент.

Корректирующие двигатели и коррекция траекторий давно, как известно, применяются в современной космонавтике. Сегодня почти каждый космический полет сопровождается коррекцией траектории и даже неоднократной.

Итак, попасть в Луну при пассивном полете очень трудно, с применением корректирующих двигателей — гораздо легче.

Помните, как знаменитые жюль-верновские герои об-

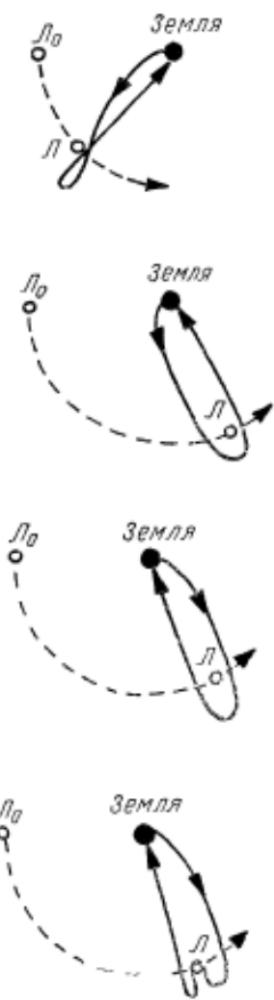


Рис. 10. Облетные траектории при полете к Луне

летели Луну и вернулись обратно на Землю? В фантастическом романе все кончилось весьма благополучно, и это космическое путешествие представлено, в сущности, как увеселительная прогулка. К сожалению, облет Луны так, как представлял его себе великий фантаст, просто невозможен.

Читатель, уже знакомый с трудностью решения «задачи трех тел», вероятно, поверит, что создать в системе Земля — Луна общий спутник, периодически подлетающий близко к Земле и Луне, никогда не удастся. Причина не только в том, что Луна движется по своей орбите и к моменту возвращения спутника к лунной орбите Луны вблизи не будет, но и потому, что притяжение Луны непременно искажит эллиптическую траекторию, сделав ее, вообще говоря, непериодической.

Среди траекторий, вычисленных В. А. Егоровым, есть много облетных, но непериодических, разомкнутых траекторий. Любопытны симметричные траектории облета Луны, но и по ним не может быть осуществлено периодическое движение.

И все-таки траектории периодического облета Луны существуют. Однако те из них, которые проходят над лунной поверхностью, удалены от центра Земли более чем на 94 800 км. С другой стороны, периодические траектории, касающиеся земной атмосферы, проходят внутри Луны, т. е. это траектории не облета, а попадания. Больше того — во всех этих случаях стартовые условия настолько жестки, что начальная скорость должна отличаться от расчетной не более, чем на миллиметр в секунду! Каждому ясно, что на практике эти требования неосуществимы.

Стоит, однако, вспомнить о коррекции — и невозможное превращается в возможное. С помощью корректирующих двигателей можно осуществлять и периодический облет Луны и многое, многое другое.

## **Парадоксы межпланетных перелетов**

Известен анекдот о Николае Первом, якобы проложившем железнодорожную трассу Москва — Петербург по линейке. При всех технических трудностях, которые возникли в результате этого «прямолинейного» решения,

считать его в принципе ошибочным было бы несправедливым. Кратчайшее расстояние между двумя пунктами на земной поверхности это действительно прямая, точнее дуга большого круга. Такие трассы во всех отношениях (и прежде всего в экономическом) предпочтительнее любых других.

В космонавтике наиболее выгодные трассы выбираются не так просто. Представим себе в первом приближении, что орбиты всех планет — окружности, лежащие строго в одной плоскости. Допустим, что мы хотим совершить межпланетный перелет Земля — Венера и выбираем для этого наиболее подходящую траекторию.

С первого взгляда напрашивается, казалось бы, самое приемлемое решение — отправиться на Венеру по прямой, соединяющей центры Земли и Солнца. Не составит особого труда так рассчитать момент старта, что к моменту достижения космическим кораблем (КК) орбиты Венеры сама «планета назначения» также окажется в расчетной точке.

Сомнения в целесообразности такого решения возникнут сразу же после того, как мы попытаемся подсчитать энергетические затраты, необходимые для успешного старта.

Для такого старта необходимо, во-первых, «погасить», т. е. свести к нулю, орбитальную скорость Земли ( $29,8 \text{ км/сек}$ ) и, во-вторых, «освободиться» от притяжения Земли, что еще больше увеличит начальную скорость. Если космический корабль выходит на окончательную орбиту с высоты 230 км, то, как показывают расчеты, его суммарная стартовая скорость должна быть равна  $31,7 \text{ км/сек}$ . Такие скорости, очевидно, находятся за пределами возможностей современной космонавтики.

У прямолинейной траектории есть и другой весьма существенный недостаток. Допустим, что старт все же состоялся и КК сначала медленно, а потом все быстрее и быстрее начал падать к Солнцу. Можно подсчитать, что к моменту достижения орбиты Венеры скорость КК увеличится до  $26,1 \text{ км/сек}$ . При посадке на Венеру погасить скорость будет очень трудно, и это — вторая причина, по которой прямолинейные траектории не используются в космонавтике.

Сказанное о Венере в полной мере относится и к Меркурию и ко всем внешним планетам от Марса до Плуто-

на. Перелеты по прямолинейным траекториям экономически крайне невыгодны, а потому, по крайней мере в ближайшем будущем, и неосуществимы. Справедливости ради надо отметить и одно немаловажное преимущество прямолинейных траекторий — сроки перелета по ним самые короткие (для «пассивного» движения). Так, например, по прямой можно было бы «упасть» на Венеру всего за 25 суток!

Пока двигатели космических кораблей еще очень несовершены, пока мы вынуждены пользоваться ими на небольших участках активного полета, приходится прибегать к помощи Солнца, точнее, к помощи его гравитационного поля. За это приходится расплачиваться сроками — продолжительность межпланетных перелетов значительно возрастает. Но зато энергетические затраты резко сокращаются, потому что роль двигательной силы выполняет не реакция вытекающих из сопла КК газов, а даровое, бесплатное тяготение Солнца.

Практически полет совершается так: при старте КК выводится на эллиптическую орбиту, точнее на полуэллипс, касающийся одновременно орбиты Земли и орбиты планеты назначения (рис. 11). Этот остроумный способ путешествия был придуман еще в 20-х годах текущего века немецким теоретиком звездоплавания В. Гоманом, и с тех пор наиболее выгодные в энергетическом отношении трассы межпланетных перелетов называются гомановскими траекториями.

Не составляет никакого труда рассчитать параметры гомановских траекторий для каждого конкретного случая и вычислить продолжительность перелета. Так, например, полет по гомановскому полуэллипсу до Венеры займет 147 суток, до Марса 237 суток.

Следует подчеркнуть, что полет по гомановским траекториям может быть совершен не всегда. Очевидно, момент старта подбирается таким образом, чтобы к моменту достижения КК орбиты планеты назначения сама эта планета находилась в той же точке, где и КК. Для Марса благоприятные моменты старта повторяются через каждые 769 суток, а для Венеры — через 584.

Задача осложняется, если КК должен вернуться обратно на Землю снова по некоторой гомановской траектории. Достигнув Марса и Венеры, космонавты будут некоторое время выжидать, когда наступит благоприят-

ное для старта взаимное расположение планет. На Марсе этот срок выжидания растягивается на 450 суток, на Венере — на 470 суток. В итоге минимальные сроки путешествия на Марс и обратно составят 968 суток (почти

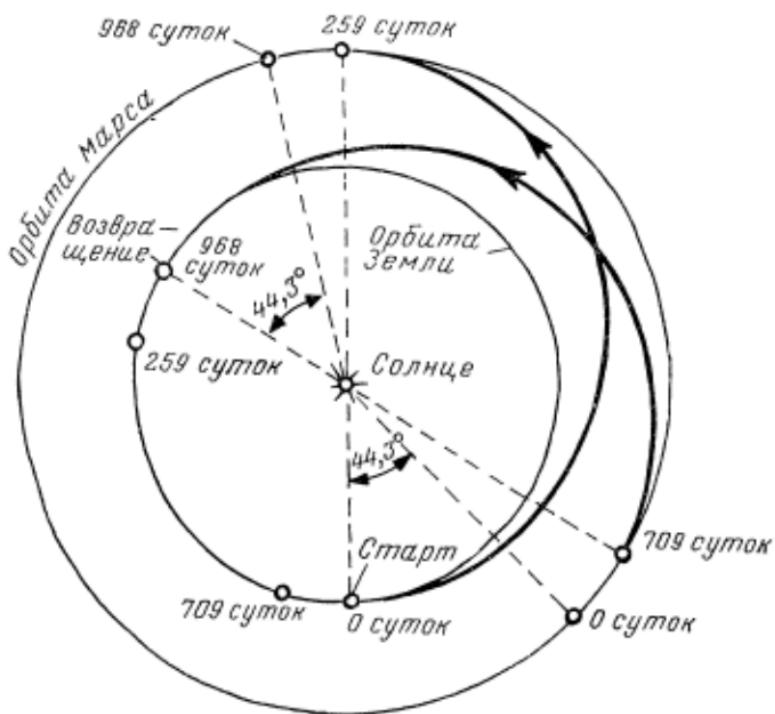


Рис. 11. Экспедиция Земля — Марс — Земля, при гомановских траекториях перелетов (продолжительность  $259 + 450 + 259 = 968$  суток)

два года и восемь месяцев), на Венеру 762 (два года и один месяц).

Вероятно, читателю будет интересно узнать, что, совершая перелет по гомановскому полуэллипсу, можно достичь Юпитера через 2 года 8 месяцев 28 суток, Сатурна — через 6 лет 25 суток, Урана — через 16 лет 10 месяцев, а для полета на Нептун и Плутон потребуется более 25 лет.

Сроки, прямо скажем, не вдохновляющие, но более проворно солнечное тяготение не работает, а весь полет по гомановским траекториям — пассивный, с выключен-

ным двигателем. В сущности, задача двигателя космического корабля в этом случае — превратить КК в искусственную планету (разумеется, двигатель достаточной тяги потребуется и при посадке на планету назначения и при отлете с нее).

С гомановскими траекториями связаны некоторые любопытные парадоксы. С их помощью иногда до дальней планеты можно добраться быстрее, чем до более близкой. Так, например, полет по гомановскому полуэллипсу до Меркурия займет 106 суток, т. е. до Меркурия можно долететь гораздо быстрее чем до более близкой Венеры!

К внутренним планетам применим и такой популярный парадоксальный принцип, как «тише едешь — дальше будешь». Читатель помнит, что самый короткий срок перелета получается при «падении» КК на Солнце по прямой, когда движение к Солнцу начинается с нулевой (по отношению к Солнцу!) скоростью. Следовательно, чем ближе к нулю начальная скорость корабля относительно Солнца, тем быстрее он долетит до внутренней планеты. Мы, однако, уже говорили, что этот парадоксальный принцип не окупается колоссальными энергетическими затратами при его реализации.

Можно быть совершенно уверенными, что пассивные полеты по гомановским траекториям ненадолго удовлетворят человечество. Одна из характерных черт технического прогресса — стремление ко все большим и большим скоростям. Если мы всерьез решили освоить космические просторы, то малые скорости передвижения для этого явно непригодны.

В качестве следующего шага на пути к эффективному освоению солнечной системы будут, вероятно, использованы секущие траектории — эллипсы, параболы или гиперболы, точнее, траектории, близкие к ним. Полеты по таким трассам сильно сократят продолжительность межпланетных путешествий. Разумеется, энергетические затраты и соответственно начальные скорости при старте будут значительно большими, чем теперь, но зато путь до планет покажется более коротким. Например, если отправиться на Марс по гиперболической (относительно Солнца) траектории, то полет на Марс займет всего около 48 суток. Правда, при взлете КК с Земли в этом случае его скорость относительно Земли (на высоте 230 км)

составит примерно 33 км/сек, что для современной техники трудно осуществимо. Но в будущем, несомненно, будут достигнуты и большие скорости. Тогда пассивные полеты по секущим траекториям, в частности даже и по прямым, станут реальностью. Все дело в совершенствовании двигателей и их топлива.

В следующей главе мы рассмотрим разные типы космических двигателей, в том числе и такие, которые пока существуют лишь на бумаге. Читатель убедится, что с развитием космонавтики станут возможными активные полеты по всем межпланетным трассам. Это изменит и сроки межпланетных перелетов и характер траекторий. В сущности, прогресс космонавтики идет в направлении, так сказать, «активизации» космических полетов. Естественное стремление сделать космические корабли столь же маневренными и управляемыми, как, скажем, современные реактивные самолеты (и даже в большей степени) рано или поздно найдет себе техническое воплощение. Пассивные космические полеты — признак незрелости космонавтики.

Пока же, выбирая из бесчисленного множества «пассивных» траекторий наиболее интересные, обратим внимание читателя на так называемые «траектории сближения» со многими планетами. Можно поставить такую задачу: совершить полет по Солнечной системе с возвращением на Землю, причем так, чтобы во время полета максимально сблизиться, скажем, с Марсом и Венерой или другой планетой.

Такого типа задачи, оказывается, имеют решение, хотя соответствующий эллипс, по которому полетит КК, подобрать нелегко и не всегда возможно. И здесь КК должен стартовать в определенные моменты времени, в определенные дни. Скажем, для того конкретного путешествия, о котором идет речь, ближайший подходящий момент наступит в июне 1971 г. Как знать, может быть, к тому времени такой полет станет технически осуществимым и космонавты осмотрят вблизи две самые интересные планеты Солнечной системы? Впрочем, что гадать — ждать осталось недолго.

С межпланетными полетами связано и много других, порой парадоксальных выводов, но, ограниченные объемом этой книги, мы рекомендуем читателю другие про-

изведения из области космонавтики, где этот вопрос рассмотрен более обстоятельно \*.

## Межпланетный бильярд

Представьте себе космический корабль, приближающийся к Юпитеру. Мощное гравитационное поле разгонит его до огромных скоростей. Посадка на планету не предусматривается — вряд ли есть твердая поверхность у этой исполинской полупланеты-полузвезды. Пронесясь мимо Юпитера, корабль начнет удаляться от него с постепенно убывающей (относительно Юпитера!) скоростью. Если корабль снабжен бортовыми двигателями, легко разогнать его вблизи Юпитера до гиперболической скорости, при которой корабль пролетит мимо Юпитера по гиперболической орбите. Впрочем, такую орбиту корабль иногда приобретает и без расхода топлива.

Разгон вблизи Юпитера даст возможность (при соответствующем расположении планет) отправиться затем к Сатурну, Урану или Нептуну. Каждая из этих массивных планет при пролете вблизи нее космического корабля выполняет роль его «ускорителя» и (что очень важно) разгон корабля совершается без затрат топлива (или с минимальным его расходом). Как бы «отскакивая» от одной планеты к другой, космический корабль несколько уподобится бильярдному шару.

Реален ли «межпланетный бильярд»? Автор этого необычного проекта, американский ученый Г. Д. Стюарт, отвечает положительно. По его мнению, для осуществления проекта надо создать солнечно-электрические ракетные двигатели. Солнечные батареи преобразуют солнечный свет в электрический ток, а этот ток, в свою очередь, обеспечит энергией ионный двигатель (о нем рассказано в следующей главе). Тяга такого двигателя невелика, но зато он работает долго и может разогнать КА до больших скоростей. Сочетание гравитационного разгона с работой ионного двигателя обеспечит, по мнению Стюарта, реализацию его проекта.

\* См., например, Е. А. Гребенников и В. Г. Демин, Межпланетные полеты, изд-во «Наука», 1965 и В. И. Левантовский, Пути к Луне и планетам солнечной системы, Воениздат, 1965.

Прямой полет на Нептун (с современными средствами космической техники) занял бы около 30 лет. Полет по системе «межпланетного бильярда» (Юпитер — Сатурн — Уран — Нептун), как утверждает Стюарт, сократит продолжительность путешествия до девяти лет. По его же оптимистическим прогнозам, проект «Бильярд» удастся осуществить в конце 70-х годов текущего века.

## Кое-что об оптимизации траекторий

Если у читателя создалось впечатление, что расчет космических трасс — дело сравнительно простое, сводящееся к поискам соответствующей гомановской траектории, то такое впечатление, безусловно, ошибочно. Гомановские траектории — это только первое, самое грубое решение задачи. На практике определение траекторий КА связано с огромными, хотя и преодолимыми трудностями.

В предыдущих рассуждениях мы предполагали, что орбиты планет — окружности, лежащие в одной плоскости. На самом деле неверно ни то, ни другое. Орбиты некоторых планет (Меркурия, Марса, Плутона) заметно вытянуты, эллиптичны, а плоскости планетных орбит иногда заметно наклонены к плоскости земной орбиты (например, для Венеры угол наклона  $3^{\circ}24'$ , для Марса  $1^{\circ}51'$ ). Это сильно усложняет расчеты, но не исчерпывает все трудности.

На протяжении полета КА подвержен действию не только Солнца, но всех планет Солнечной системы. Учитывать возмущающее влияние хотя бы некоторых планет совершенно необходимо. Как ни мала плотность межпланетной среды ( $10^{-22}$  г/см<sup>3</sup>), но все же эта среда оказывает сопротивление летящему КА — при длительных полетах это сопротивление может заметно изменить первоначально намеченную расчетную траекторию. Несколько изменит эту траекторию и давление солнечных лучей.

При грубых расчетах КА и планеты принимаются за материальные точки. В действительности это не так — отсюда новые уточнения и поправки.

Расстояние до Солнца и планет определено не абсолютно точно, а с некоторой ошибкой. Так, например, «астрономическая единица» (средний радиус земной орбиты) принимается равной 149 598 640 км с ошибкой в 250 км в ту или другую сторону. Эта неточность, вызванная ограниченностью современных астрономических методов исследования, порождает как следствие незнание точных размеров планет и их орбит. Совершенно очевидно поэтому, что расчетные траектории КА неизбежно содержат в себе большие или меньшие ошибки.

При выборе траектории приходится учитывать ряд требований. Например, желательно выбрать такую траекторию, чтобы в конце активного участка полета космический корабль имел возможно меньшую скорость— это позволит отправить в полет максимальный полезный груз. Время полета желательно сократить до минимума, так как с увеличением продолжительности полета растут и метеорная и радиационная опасность. Кроме того, чем быстрее завершится полет, тем меньше продовольственных запасов, отяжеляющих корабль, придется брать с собой.

Если ставится задача исследовать какую-нибудь планету и тем более осуществить посадку на ее поверхность, конечная скорость КА, т. е. его скорость вблизи планеты назначения, должна быть минимальной, что возможно далеко не для всех траекторий. Так как в этом случае с КА поддерживается радиосвязь, надо выбрать момент сближения КА с планетой таким образом, чтобы Солнце и планета на земном небе были возможно дальше друг от друга. В противном случае радиоизлучение Солнца может вызвать такие помехи, которые затруднят получение ценной научной информации с КА.

Момент старта (а стало быть и выбор траектории) диктуется еще желанием свести к минимуму метеорную и радиационную опасность. Это означает, что траектория не должна пересекать метеорные потоки, а во время полета активность Солнца не должна быть чрезмерно высокой.

Даже простое перечисление этих требований, предъявляемых к траекториям КА, показывает сложность проблемы. Разумеется, удовлетворить сразу всем перечисленным требованиям нельзя. В лучшем случае можно попытаться отыскать наиболее выгодную, оптимальную

траекториою, наилучшим образом хотя бы отчасти удовлетворяющую важнейшим требованиям.

В этом состоит оптимизация траекторий — проблема, для успешного решения которой привлекаются все средства современного естествознания, в том числе и такая новая, быстро прогрессирующая дисциплина, как теория оптимальных процессов\*.

Нет, нелегкое это дело — вычислять трассы космических кораблей!

## Лифт в Космос

Иногда среди увеселительных аттракционов можно встретить так называемое «чертово колесо». На круглой, слегка покатой (от центра к краям) платформе размещаются любители острых ощущений. Платформа приводится во вращение, и тем, кто на ней находится, предстоит удержаться на одном месте. Что и говорить, задача нелегкая, особенно если колесо вращается достаточно быстро, а вы расположились поближе к его краю. Коварная центробежная сила стремится выбросить вас за пределы колеса. Наоборот, вблизи центра вращающейся платформы центробежные силы невелики и здесь можно чувствовать себя в безопасности.

Теперь представьте себе нечто подобное, хотя пока совершенно фантастическое. Где-то на экваторе Земли вертикально укреплена колоссальная полая труба высотой, ну, скажем... 40 000 км (рис. 12). Допустим, что внутри трубы, оборудован лифт и его мотор способен доставить нас на любую высоту. Нетрудно, однако, сообразить, что начиная с высоты 35 810 км и выше мотор не понадобится — лифт пойдет вверх и без его помощи!

Вы, конечно, обратили внимание на высоту 35 810 км. Это как раз та высота, на которой ИСЗ становится «суточным». Значит, если мотор доставит лифт на эту высоту, то лифт останется здесь в покое, даже если его ничем не поддерживать. Просто он превратится в «суточный» спутник Земли, и, так как его период обращения равен 24 часам, фантастическая сверхдлинная труба не будет ему помехой.

\* Подробнее см. сборник «Космические траектории», ИЛ, 1963.

Если же лифт поднять чуть выше, создастся ситуация, подобная «чертовому колесу». Центробежная сила превысит тяготение к Земле, и лифт, постепенно увеличивая свою скорость, пойдет вверх. Вращение «чертового колеса» сбрасывает тех, кто слишком близко поместился к его краю. Вращение Земли в конце-концов выбросит из фантастической грубы (и с немалой скоростью) лифт на космическую орбиту!

Согласитесь, что в принципе это неплохой путь в небо, с первого взгляда, простой и дешевый способ выведения КА на космические орбиты без всяких ракет-носителей. Идея «космического лифта» (так принято обычно называть этот проект) была впервые высказана весной 1960 г. молодым советским ученым Ю. Н. Арцутановым. Теоретически она вполне приемлема. Другое дело — ее практическое осуществление.

Строить сплошной люк для лифта в форме трубы, может быть, и не стоит. Предлагают с помощью ракет забросить в космос очень прочные канаты длиной более 36 000 км. Несколько таких канатов, скрепленных кольцами, выполняют роль фантастической трубы. К сожалению, сегодня нам неизвестны материалы, достаточно прочные для таких «космических» канатов. Намечаются, правда, некоторые пути преодоления колossalных трудностей и проводятся даже инженерные расчеты\*. Но, конечно, реальностью «космический лифт» станет не скоро.

Рис. 12. «Лифт», ведущий в космос

Но все-таки чертовски заманчива сама эта идея запуска КА без всяких ракет! Нетрудно подсчитать, что

\* Подробнее см. книгу В. Е. Львова «Молодая Вселенная» (Лениздат, 1969).

из «трубы» высотой в 47 000 км КА будут вылетать со второй космической скоростью, равной 11,2 км/сек. А если еще увеличить длину трубы, эффект действия центробежных сил станет еще более разительным. Не видно причин, почему бы такой способ старта не перенести на другие небесные тела и не построить «космические лифты», скажем, на Луне или Марсе. Такие технические подвиги — далеко не самое большое, что можно ожидать от человечества в будущем.

Повторяю, трудности колоссальны. Тут и метеорная опасность, и бури в атмосфере, и многие другие явления природы, противоборствующие технической деятельности человека. Но разве нас, землян, всерьез взявшись за освоение космоса, может что-нибудь остановить?

## **Неощутимое тяготение**

Тяготение, даже очень большое, иногда может стать совершенно неощутимым. В самом деле, в чем, собственно, выражается для нас тяготение Земли? В весе. Но вес — это та сила, с которой тело, находящееся на поверхности Земли, давит на эту поверхность. Если тело неподвижно, его вес и сила, с которой Земля притягивает это тело, совпадают. Но так будет не всегда.

Вспомните, как захватывает дух при быстром спуске с крутой горки. Это не совсем приятное ощущение связано с частичной потерей веса. В падающем лифте (вам, конечно, известен этот пример) пассажир приобретает полную невесомость. В этом случае исчезло давление на опору, так как ускорение падения и лифта и пассажира одинаково. Пропал вес, но, разумеется, сохранилось тяготение — оно и есть причина падения.

Лифт падает вниз по вертикальной прямой. Брошенный в сторону камень падает по параболе. Искусственный спутник Земли падает вокруг нее по окружности или эллипсу. Да, именно *падает*, так как движение ИСЗ в этом случае принципиально не отличается от падения лифта. Точно такой же характер, такую же природу имеет всякое *свободное движение* одного тела в поле тяготения другого. Уточним, что термин «свободное» озна-

чает, что на движущееся тело никакие посторонние силы (кроме тяготения) не действуют.

Но из этих общеизвестных истин следует парадоксальный вывод: если космический корабль находится в свободном полете вблизи как угодно крупных, массивных тел, тяготение этих тел абсолютно неощущимо. Проявляет себя тяготение лишь в том случае, если какая-нибудь преграда помешает свободному движению тела. Без этого *всякое* свободное движение совершенно равноценно обычному падению. Для невесомости же характерно присутствие сил тяготения и полное отсутствие сил веса.

В повседневной жизни мы постоянно ощущаем свою «весомость» и потому склонны считать тяготение самой, пожалуй, заметной (если не самой мощной) силой природы. На самом деле это не совсем так.

Вы берете в руки маленький школьный магнит, подносите его к еще меньшему кусочку железа, и совершается давно всем знакомое «чудо» — кусочек подпрыгивает и прилепляется к магниту.

Если вдуматься, этот простенький эксперимент очень поучителен. Он наглядно демонстрирует исключительную, почти невообразимую слабость сил тяготения — тех самых сил, которыми в основном и занимается астродинамика.

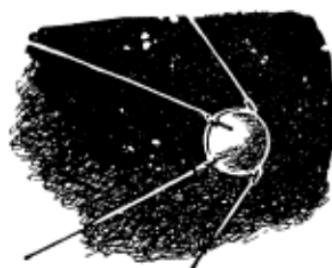
Подумать только, какое колossalное количество вещества ( $10^{21}$  тонн — такова масса Земли!) должно быть сосредоточено в одном месте пространства, чтобы создать гравитационное поле, легко преодоленное сверхмикроскопическим (в сравнении с Землей) школьным магнитом!

Поистине, мы не знаем в природе сил, более слабых, чем гравитация. И тем не менее именно гравитация придает стройность космосу, именно гравитация выступает в роли и препятствия и помощника при межпланетных путешествиях.

Заметим (об этом всегда приходится напоминать), что потеря веса вовсе не означает потери массы, а следовательно, и инерции. «Сдвигать» невесомые спутники с их первоначальных орбит — задача отнюдь не легкая, особенно если спутник массивен. Чтобы изменить первоначальную орбиту, т. е. совершить маневр, нужен бортовой двигатель, тем более мощный, чем массивнее КА и

чем большее ускорение требуется ему сообщить. Только таким способом можно преодолеть инерцию невесомых искусственных небесных тел.

Но тут мы вплотную подошли к вопросу о космических двигателях, которым посвящена следующая глава.



## Немного о двигателях



В космическом пространстве, почти неотличимом от пустоты, основное, пока даже единственное средство передвижения — ракета. Не нуждаясь при своем перемещении в какой-либо опоре или внешней среде, ракета представляет собой почти идеальное средство для освоения, по крайней мере, ближнего космоса.

Коллекция ракетных двигателей — существующих и перспективных — весьма многообразна. Однако принцип их действия одинаков и по основной своей идее предельно прост. Тем или иным способом двигатель ракеты выбрасывает из нее массу вещества (так называемое «рабочее тело»), унося-

шую с собой некоторое количество движения\*. Сама же ракета по законам механики приобретает при этом такое же численно количество движения, но направленное в противоположную сторону.

Та сила, которая заставляет двигаться ракету, называется силой тяги. Она тем больше, чем значительнее масса, выбрасываемая двигателем ракеты в единицу времени, и чем больше скорость, сообщенная этой массе. Связь этих трех величин — силы тяги  $F$ , скорости истечения рабочего тела по отношению к ракете  $c$  и секундного расхода массы  $q$  описывается простой формулой

$$F = cq.$$

В реальных условиях, например, при запуске космических ракет, на летящую ракету, кроме силы тяги, действуют, конечно, и другие силы, например притяжение Земли, сопротивление воздуха. Если учитывать только земное тяготение, отвлекаясь от всех иных внешних воздействий, то скорость ракеты  $v$  при вертикальном подъеме можно найти по знаменитой формуле Циолковского

$$v = c \ln \left( \frac{M_0}{M} \right)^{1 - \frac{g}{a}},$$

где  $c$  — скорость истечения рабочего тела;  $M_0$  — начальная масса ракеты;  $M$  — ее масса в данный момент;  $a$  — собственное ускорение ракеты;  $g$  — ускорение силы тяжести, равное  $9,8 \text{ м/сек}^2$ . Величину  $M_0/M$  называют числом Циолковского.

Можно представить себе нереальные условия, при которых на ракету не действуют никакие внешние силы. Тогда ее (также идеализированная) скорость  $u$ , называемая в космонавтике идеальной, или характеристической, скоростью, будет определяться более простой формулой Циолковского

$$u = c \ln \frac{M_0}{M}.$$

\* Количество движения называется произведение массы тела на его скорость. Изменение количества движения равно импульсу действующей силы.

В этой формуле, как и в предыдущей, «Іп» означает натуральный логарифм числа, который получается из десятичного логарифма умножением на 2,303.

Вот, пожалуй, самое главное, объединяющее все ракетные двигатели. Наше знакомство с ними будет самым общим, поверхностным, или, лучше сказать, принципиальным. В каждом отдельном случае нас будут интересовать не технические детали, а основная идея, нашедшая себе техническое воплощение. С другой стороны, оставаясь верными основной задаче этой книги, мы обратим внимание только на некоторые парадоксальные или занимательные факты. Подробный же обзор космических двигателей читатель сможет найти во многих книгах\*.

## Реактивная телега

С появлением реактивных самолетов термин «реактивный» в нашем представлении невольно сочетается с чем-то очень быстрым, стремительным. Поэтому с первого взгляда заголовок этой главы может вызвать недоумение — какое отношение имеет телега к реактивному движению? Не торопитесь, однако, с заключениями. Попробуем разобраться в том, какое движение следует называть реактивным.

«Реакция» — слово латинское. В буквальном переводе оно означает «отдача», «противодействие».

Лодка с гребцами плывет по реке. После каждого взмаха весла опускаются в воду, и с их помощью гребцы энергично отталкиваются от воды. Это действие порождает противодействие. Точнее, возникает реакция — сила, приложенная от воды к веслам, а через них и гребцов к лодке. Эта реактивная сила и заставляет лодку двигаться вперед. Значит, движение лодки с полным правом можно считать реактивным движением.

Заметим, что источником реактивной силы в данном случае служит, в сущности, инерция воды, коренное свойство всех вещей, свойство, выражющееся в сопро-

---

\* См., например, К. А. Гильзин, Двигатели невиданных скоростей, изд-во «Машиностроение», 1965., К. А. Гильзин, Электрические межпланетные корабли, «Наука», 1964.

тивлении изменению скорости. Не будь инерции — не было бы и отдачи, реакции.

Теперь читатель без особого труда сообразит, что и сам он, как и все другие живые существа, движется за счет реактивной силы, т. е. можно сказать, в известном смысле проявляет себя как... реактивный двигатель.

В самом деле — когда мы идем, мы отталкиваемся ногами от Земли, если угодно, «отбрасываем» земной шар в противоположную сторону. Если бы при этом Земля нам не сопротивлялась, порождая в ответ реактивную силу, ходьба, ползание, качение были бы просто невозможны. Это легко понять, если вспомнить, как затрудняет ходьбу уменьшение трения, как трудно двигаться по скользкому льду или по чересчур ровисто настертому паркету.

Конечно, когда мы говорим об «отбрасывании» земного шара, то это сильное выражение носит чисто условный характер. Масса человека так мала по сравнению с массой Земли, что смещение Земли практически неощутимо. В принципе, однако, это не меняет дела, и самая медленная, ленивая ходьба в сущности есть реактивное движение.

Теперь, после этих рассуждений, заголовок главы уже, вероятно, не кажется вам нелепым. Сама по себе, без воздействия внешних сил, телега, разумеется, никуда с места не тронется. Но если ее снабдить таким старомодным реактивным «двигателем», как лошадь, телега с успехом осуществит самое настоящее реактивное движение.

Нет, мы не собираемся утверждать, что все движения в природе непременно реактивные. Нельзя, например, считать реактивным полет Земли вокруг Солнца или большинство других общеизвестных движений небесных тел. Но, с другой стороны, реактивные двигатели и реактивные движения встречаются не только в авиации или космонавтике — в природе они представлены очень широко.

Есть, однако, существенное отличие летящей ракеты от плывущей лодки. Гребцы с помощью весел отбрасывают внешнюю, не принадлежащую лодке массу вещества — воды. Ракета в полете, выбрасывая рабочее тело, непрерывно теряет свою массу. При этом она, повторяясь, не нуждается ни во внешней среде, ни в особых

устройствах для получения реакции извне «отталкиванием» от этой среды. Поэтому различают двигатели непрямой реакции (типа лодки с гребцами), к числу которых относятся, в частности, обычные авиационные двигатели, «отталкивающиеся» от воздуха с помощью винта, и двигатели прямой реакции (типа ракеты).

В современной космонавтике применяются в основном двигатели именно второго типа, и лишь на старте, при выводе космического корабля на орбиту, для создания дополнительной тяги могут быть использованы воздушно-реактивные двигатели — двигатели первого типа.

## **Сила и слабость химических ракет**

Когда космическая ракета, взмывая вверх, уходит в просторы Космоса, ее двигатели совершают огромную работу — они преодолевают оковы земного тяготения. Для совершения этой работы нужна энергия. В химических ракетах, или, точнее, в термохимических ракетных двигателях, эта энергия черпается из различных химических реакций.

Самая простая разновидность двигателей такого типа — обычная пороховая ракета. Трудно сказать, когда впервые человек использовал этот двигатель; во всяком случае, в древнем Китае он уже был известен. Мы же наблюдаем мирное воплощение этого древнего изобретения во время каждого праздничного салюта.

Конструктивно пороховой ракетный двигатель предельно прост. Он состоит из двух частей: камеры сгорания — химического реактора, где энергия химических связей превращается в тепловую, и реактивного сопла, в котором тепловая энергия газов переходит в их кинетическую энергию.

Ракетные двигатели твердого топлива (РДТТ) давно уже применяются в авиации при старте самолетов. Общеизвестна роль, которую сыграли в минувшей войне прославленные «катюши». Простота РДТТ очень подкупает, несмотря на недостатки, из которых самый, пожалуй, главный — трудность регулирования тяги двигателя.

Жидкостные ракетные двигатели (ЖРД) — это также мощные тепловые машины, но устройство их несколько иное (рис. 13). Горючее (скажем, керосин, спирт)

и окислитель (например, жидкий кислород) хранятся раздельно. Их объединение, выражющееся в бурной реакции горения, происходит в камере сгорания. В камерах сгорания современных ЖРД развиваются температуры порядка 3 тысяч градусов. Чтобы хотя бы отчасти сбить этот «пыль», используют систему охлаждения двигателя. В частности, тепло от камеры сгорания может

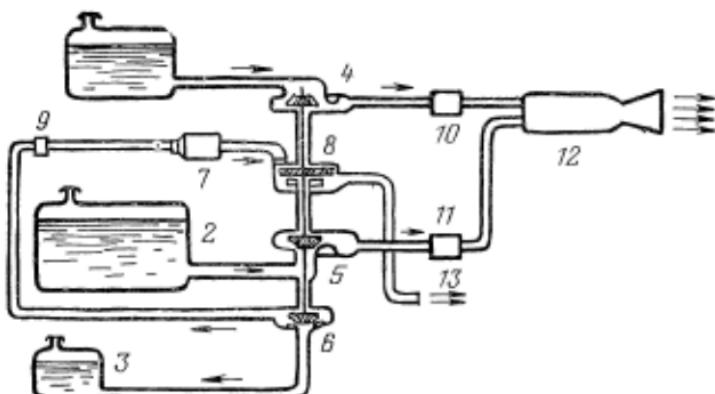


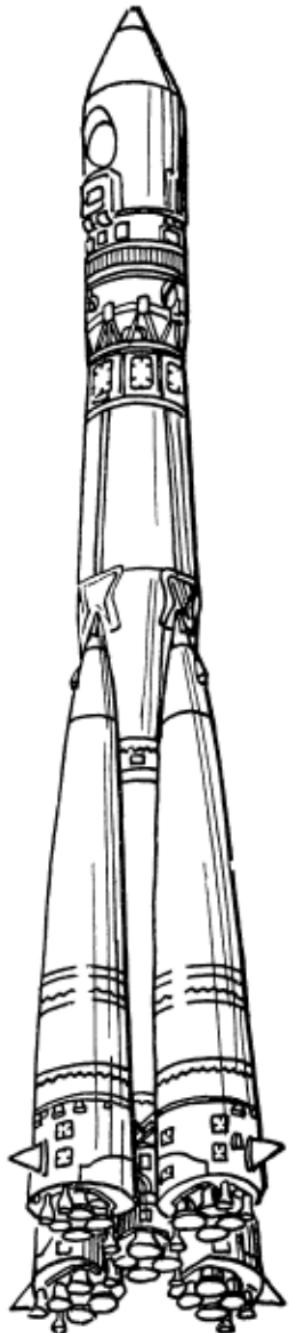
Рис. 13. Схема устройства ЖРД:

1 — бак с горючим; 2 — бак с окислителем; 3 — бак с перекисью водорода; 4, 5, 6 — насосы; 7 — парогазогенератор; 8 — газовая турбина; 9, 10, 11 — краны; 12 — камера сгорания; 13 — выход газов из турбины

переходить к холодному топливу, циркулирующему внутри стенок камеры сгорания по специальным трубкам.

Иногда конструкция ЖРД упрощается — это в тех случаях, когда используется так называемое унитарное топливо, объединяющее в себе и горючее и окислитель. Такого рода топлива иногда называют жидкими порохами. К их числу относится, например, популярная не только в космонавтике, но и в косметике пергидроль, или перекись водорода. При сгорании в двигателе это вещество распадается, диссоциирует на пары воды и кислород с выделением при этом огромного количества тепла. Главное, что перекись водорода горит, так сказать, сама в себе, не требуя участия кислорода воздуха. Впрочем, это не большее «чудо», чем, скажем, взрыв пороха в бескислородной среде, под водой.

ЖРД — главный тип двигателей, применяемых в современной космонавтике (рис. 14). Они развивают



колossalную тягу—сотни тонн— и могут сообщать ускорения, в несколько раз превосходящие ускорение силы тяжести. Работает такой двигатель всего несколько минут, но его чудовищная расточительность в отношении расхода топлива вполне оправдана результатом — выводом летательных аппаратов на космические орбиты.

Крупнейшие из современных ракет, работающие на жидком топливе, представляют собой зрелище весьма внушительное. Вот, скажем, американская ракета «Сатурн-1», на которой установлена связка из восьми ЖРД с общей тягой в 680 тонн. Диаметр нижней ступени этой ракеты 6,5 м. Поставленная вертикально, эта ракета может по высоте успешно соперничать с высотными зданиями.

Ракетная система «Сатурн-5», предназначенная для полета на Луну, состоит из трех ступеней со взлетным весом около 3 тысяч тонн. Связка из пяти ЖРД на первой ступени ракеты должна развить тягу примерно в 3,5 тысячи тонн. Диаметр этого грандиозного сооружения около 10 м, а длина 109 м.

Но и это — не предел возможностей для ЖРД. Проектируются двигатели этого типа, способные развить тягу в 9—13 тысяч тонн. По-видимому, это уже близко к «потолку» для ЖРД, и дальнейшее увеличение размеров ракет-

Рис. 14. Ракета-носитель космического корабля «Восток»

ных систем будет связано с использованием не химической, а внутриядерной энергии. Впрочем, возможности химических топлив далеко еще не исчерпаны и в этой области вполне возможен дальнейший прогресс. Поиски высококалорийных химических топлив продолжаются и в настоящее время.

Как это ни странно с первого взгляда, но есть в природе окислители лучшие, чем даже сам кислород. Таковы, например, озон или фтор. Теоретически мыслимо, например, использование раствора озона в жидким кислороде. Но такого типа «адские смеси» требуют крайне осторожного обращения, и это затрудняет пока их применение в космонавтике.

Из горючих перспективными считаются такие легкие металлы, как, например, бериллий, бор, но производство их в большом количестве трудоемко и дорого. Замечательно, если бы удалось использовать такое теплоизводительное топливо, как атомарный водород. Для этого надо научиться сохранять водород в атомарном состоянии до того момента, когда в камере сгорания атомы водорода объединяются в молекулы с выделением огромных количеств энергии. Беда в том, что этого как раз и не удается достичь. Объединение водородных атомов происходит гораздо раньше, чем нужно, — их стремление немедленно образовать молекулы исключительно сильно.

Хотя химия еще не сказала в этой области космонавтики своего последнего слова, возможности ЖРД ограничены. Можно теоретически подсчитать, что при любых, даже самых выгодных комбинациях горючих и окислителей скорость истечения газов из сопла двигателя (а от нее зависит тяга ракеты) не превысит 4,5 км/сек. Пока же эта скорость близка к 3 км/сек.

И все же термохимические двигатели, по-видимому, всегда будут играть большую роль в космонавтике как двигатели мощной тяги, способные вывести тяжелые летательные аппараты на космические орбиты. В этом их сила, но есть у них и существенные слабости.

Двигатели, работающие на химическом топливе, как уже говорилось, необычайно расточительны. Они развивают огромную мощность, однако расход топлива при этом также поражает наше воображение. Например, аме-

риканский двигатель F-1, развивающий тягу в 680 т, ежесекундно пожирает более 3 т топлива!

Ясно, что освоение Солнечной системы потребует невообразимо больших запасов топлива. Для вывода на парabolicкую орбиту одного килограмма массы межпланетного корабля потребуется не меньше четырех килограммов ракетного топлива. Фактически же затраты топлива еще больше, так как при каждом взлете топливо расходуется не только на основную цель, но и на побочные процессы (например, на нагрев двигателя, на вывод на орбиту самого топлива и т. п.). Полезная нагрузка химических межпланетных ракет составляет 1—2 процента общего стартового веса.

Все это следствия одной причины — химическая энергия недостаточно «энергична». При одном и том же количестве вещества запасы таящейся в нем ядерной энергии несравненно больше.

## Ядерные реакторы на орbitах

Идея ядерного термического ракетного двигателя, в сущности, очень проста: рабочее тело должно нагреваться в таком двигателе не за счет химических реакций, в нем самом происходящих, а за счет внешнего источника ядерной энергии. Иначе говоря, такой двигатель в качестве своей главной составной части должен иметь ядерный реактор.

Если в атомной бомбе процесс распада ядер урана происходит лавинообразно, с бурно, почти мгновенно нарастающей интенсивностью, то в ядерных реакторах тот же процесс деления искусственно сдерживается в нужных рамках. Выделяющееся при такой управляемой реакции тепло нагревает пар или воду турбины атомной электростанции. Тот же принцип может быть использован и в ракетных двигателях (рис. 15).

Рабочее тело (например, вода или жидкий водород) с помощью насоса под высоким давлением подается к реактору. Протекая по каналам через его активную зону (т. е. зону деления ядер урана), рабочее тело нагревается до высокой температуры и переходит в газообразное со-

тояние. Вырывающиеся из сопла раскаленные газы создают реактивную тягу.

Принципиальная схема, как видите, действительно проста. Практическая же ее реализация наталкивается на многочисленные трудности. Чем сильнее нагреется рабочее тело в реакторе, тем с большей скоростью будут

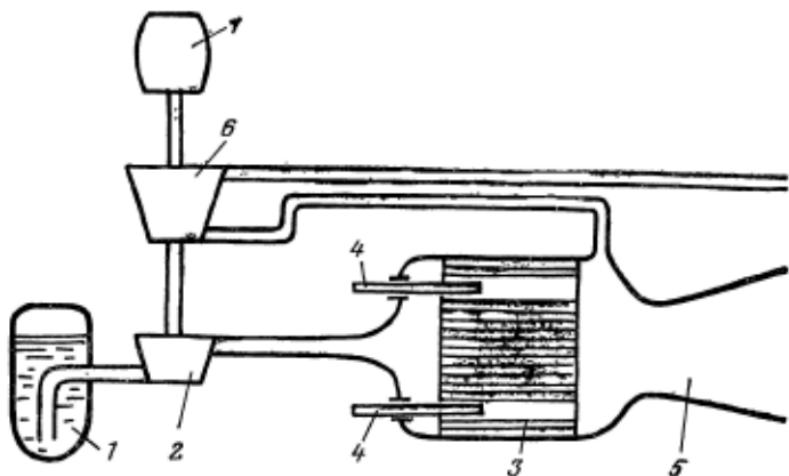


Рис. 15. Схема атомного ракетного двигателя:  
1 — бак с рабочим телом; 2 — насос; 3 — реактор; 4 — управляющие стержни; 5 — реактивное сопло; 6 — турбина; 7 — генератор

вырываться газы из сопла, тем, стало быть, мощнее тяга двигателя. Беда, однако, в том, что нагрев этот не может быть достаточно высоким — в ядерных реакторах с твердой активной зоной (т. е. с твердыми урановыми стержнями) максимальная температура рабочего тела вряд ли намного превысит 3 тысячи градусов, так как при температуре 3900 градусов плавятся наиболее тугоплавкие материалы, из которых сделан реактор. Правда, используя жидкий водород, можно и в этом случае получить скорости истечения в 12—15 км/сек.

Если пропускать рабочее тело через расплавленные или тем более газообразные массы делящегося урана, т. е. использовать реакторы с жидкой или газообразной активной зоной, можно довести скорости истечения до 30 км/сек. Все это, однако, пока лишь мечты и проекты.

Вывести на космические орбиты ядерные реакторы трудно также из-за их громоздкости. Очень тяжел для

космических ракет не только сам реактор, но и толстая защита, предохраняющая экипаж от смертоносного излучения. И все-таки оптимисты считают, что ядерные термические двигатели уже в ближайшие годы будут использованы для вывода на орбиты тяжелых космических ракет. Летающие ядерные реакторы прочно войдут в обиход космонавтики.

## Тише едешь — дальше будешь

Может показаться странным, что в современной космонавтике большое внимание уделяется двигателям малой тяги. Так называют реактивные двигатели, выбирающие сравнительно очень небольшие количества вещества и потому способные развить ничтожные ускорения, в сотни, тысячи, а то и в сотни тысяч раз меньшие  $g$  — ускорения земной тяжести ( $9,8 \text{ м/сек}^2$ ). Совершенно очевидно, что такие двигатели неспособны оторвать ракету от Земли. Вот и возникает недоумение — зачем же они тогда нужны в космонавтике?

Как стартовые двигательные системы двигатели малой тяги непригодны — здесь они ни в какое сравнение не идут, скажем, с ЖРД. Но в полете, когда уже КА выведен на орбиту, роль двигателя малой тяги очень велика.

Легко понять, в чем тут дело. И гравитационные силы, и сообщаемые ими ускорения при прочих равных условиях изменяются обратно пропорционально квадрату расстояния от притягивающего тела. Например, если ракета удалится от земного шара на расстояние, равное десяти его радиусам, ускорение земной тяжести на этом расстоянии составит всего сотую долю  $g$ . Но ведь 10 земных радиусов это всего 63 700 км, т. е. примерно 1/6 расстояния до Луны. На лунной же орбите ускорение земной тяжести равно  $0,27 \text{ см/сек}^2$ , т. е. близко к  $0,0003 g$ .

Нетрудно подсчитать, что центростремительное ускорение, сообщаемое Земле Солнцем, также невелико — около  $0,0006 g$ . Еще раз подчеркнем, что силы тяготения — очень слабые силы и лишь вблизи небесных тел ускорения, ими сообщаемые, значительны. В космическом же полете, когда КА находится, так сказать, между небом и Землей, ускорения сил тяготения сравнимы с теми ускорениями, которые могут развить двигатели малой тяги. Поэтому

для активного полета вдали от космических тел эти двигатели вполне пригодны.

Большинство из них существует пока лишь в проектах, многие проходят стендовые испытания, а есть и такие, которые уже успешно были опробованы в космическом полете. Каков принцип действия хотя бы некоторых из двигателей малой тяги?

Поскольку уже говорилось о ядерных термических двигателях, имеет смысл упомянуть об иных возможных использованиях ядерной энергии в космонавтике.

Есть, например, проекты пульсирующего ядерного ракетного двигателя (ЯРД). Небольшие ядерные бомбы с тротиловым эквивалентом порядка 10 т периодически взрываются, нагревая при этом рабочее тело. Самое большое ускорение, которое можно «выжать» из этого двигателя, в тысячу раз меньше  $g$ .

Когда удастся осуществить термоядерный синтез, иначе говоря, «укротить» термоядерную бомбу, как уже сделано с атомной, можно выделяемую энергию использовать для нагрева рабочего тела. Не дожидаясь этого события, конструкторы космических двигателей разработали ряд проектов, основанных на этом принципе. Однако и в этом случае развивающиеся ускорения не превысят сотой части  $g$ .

Соблазнительно использовать радиоактивный распад некоторых изотопов. Выделяющееся при распаде тепло пойдет на нагрев рабочего тела, например водорода. Конструктивно такой двигатель был бы сравнительно прост. Но это бесспорное достоинство, увы, сопровождалось бы неизбежным недостатком — невозможностью управлять радиоактивным распадом. Кроме того, вряд ли тяга такого двигателя превысит 400 г, а ускорения — тысячные доли  $g$ .

Вся жизнь современного человечества связана с электричеством, можно сказать, пронизана электроэнергией. Нельзя ли этот, пожалуй, самый распространенный в технике вид энергии применить для космических полетов?

Проектов электрических ракетных двигателей (ЭРД) великое множество. Более того — из всех двигателей малой тяги ЭРД — самые перспективные. Представим вниманию читателей хотя бы некоторые из них.

*Электротермические двигатели.* В них рабочее тело нагревается за счет электрической энергии, и только в

этом отношении они, принципиально говоря, отличаются от термохимических двигателей. Методы электрического нагрева могут быть различными. Для этой цели годится, например, электрическая дуга.

В камере сгорания дугового ЭРД помещены два электрода, между которыми при пропускании тока возникает электродуга. Поступившее в камеру рабочее тело (например, жидкий водород) испаряется в дуге, и раскаленные газы с огромной скоростью (15—20 км/сек) вытекают из сопла. Ускорения, развиваемые электротермическими двигателями, обычно не превосходят сотой части *g*.

*Ионные двигатели.* Принцип их действия совсем иной, чем у рассмотренных до сих пор двигателей. Там вся забота была о том, как сильнее разогреть рабочее тело, потому что именно тепловая энергия переходила в кинетическую энергию вылетающих из сопла газов. Здесь, в ионных двигателях, разгон рабочего тела производится, так сказать, «холодным» способом. Да и рабочее тело особенное — это облако ионов какого-нибудь вещества.

Итак, пары какого-нибудь легко ионизируемого металла (например, цезия или рубидия) поступают в ионизатор, где атомы, теряя электроны, превращаются в ионы. Далее ионы разгоняются электрическим полем до колossalных скоростей в специальном электростатическом ускорителе. Однако просто выбросить эти ионы из сопла двигателя нельзя, так как вскоре образовавшееся позади двигателя облако из положительных ионов будет препятствовать выбросу новых положительных частиц. Поэтому в ионном двигателе предусмотрено устройство, нейтрализующее поток ионов потоком отделенных от атомов электронов. Роль этого нейтрализатора, таким образом, противоположна роли ионизатора, и в итоге из сопла ионного двигателя выбрасывается в пространство электрически нейтральная струя.

Неплохой моделью ионного двигателя мог бы служить... кинескоп телевизора! Действительно, если в центре телевизионного экрана сделать отверстие, поток электронов, не встретив препятствия, вырвется наружу. Телевизор превратится в настоящий ионный двигатель, правда, очень примитивный (без нейтрализатора) и крайне маломощный. Тяга «телевизионного двигателя» не превысит десяти миллиардных долей грамма, так что непод-

важность телевизора в этом воображаемом эксперименте обеспечена прочно.

Космические ионные двигатели вряд ли когда-нибудь разовьют ускорения, превышающие тысячные доли  $g$ . Тем не менее ионным двигателям из-за их высокого коэффициента полезного действия уделяется сейчас очень много внимания. В июле 1964 г. в США было проведено первое летное испытание ионного двигателя «Серт-1», который успешно действовал около получаса.

*Электромагнитные, или магнитоплазменные ЭРД.* В качестве рабочего тела в них используется плазма. Совсем еще недавно термин «плазма» употреблялся только в биологии и медицине. Плазма — жидкая часть крови, цитоплазма — вязкая жидкость, заполняющая внутреннюю часть живой клетки.

Сейчас слово «плазма» широко введено в речевой обиход физиками, которые под этим термином понимают газ, состоящий в основном из ионов и электронов. Плазма — отличный проводник электричества, и это ее основное свойство широко используется в плазменных ракетных двигателях.

Очевидно, что в каждом двигателе такого типа должен быть источник (генератор) плазмы. Им может быть электрическая дуга, между электродами которой при разряде образуется плазма. Если теперь струю плазмы разогнать магнитными или электрическими силами до высоких скоростей истечения из сопла, получится магнитоплазменный ЭРД. Эта идея может быть реализована самыми разными способами.

Помните простенькую школьную модель электромагнитной пушки? Когда обмотка катушки подключается к сети переменного тока, металлическое кольцо, надетое на сердечник катушки, взлетает в воздух. Физический механизм этого явления несложен: переменный ток в катушке порождает переменное магнитное поле, которое, в свою очередь, индуцирует ток в надетом на сердечник кольце. Этот индукционный ток в кольце также порождает магнитное поле и притом такого направления (по знамениному правилу Ленца), которое противоположно направлению «наводящего» магнитного поля катушки. Результат — взаимное «отталкивание» магнитных полей и взлет кольца.

Кстати, заметьте: если попробовать рукой удержать

кольцо, очень скоро мы его выпустим из пальцев — индукционный ток сильно разогреет его.

Оба описанных явления — и отталкивание магнитных полей, и разогрев индукционными токами — используют-

ся в индукционном плазменном двигателе (рис. 16). Ведь плазма, еще раз подчеркнем, — это отличный проводник. Помещенная в переменном магнитном поле, она ведет себя, как кольцо в школьном опыте: сильно разогревается и вылетает с большой скоростью из катушки. Здесь электроэнергия используется вдвое — и на нагрев, и на выброс плазмы. Есть плазменные двигатели и другого типа. Все плазменные двигатели развиваю очень малую тягу, и ускорения, ими сообщаемые, не превосходят тысячных долей  $g$ .

Плазменные двигатели не только испытываются в лабораториях, но уже давно были проверены в космическом полете. Запущенная в конце 1964 г. к Марсу советская межпланетная автоматическая станция «Зонд-2» имела шесть небольших плазменных двигателей, с помощью которых достигалась требуемая расчетами ориентация станции.

Электрические ракетные двигатели отличаются простой регулировкой тяги — в этом одно из важных их преимуществ. Основной недостаток — нужда в громоздких, тяжелых источниках электроэнергии.

Для каждого ЭРД приходится захватывать на орбиту и небольшую электростанцию. Для ЖРД, где источник энергии и рабочее тело нераздельны, эта проблема отсутствует. Любопытно, что максимальная мощность,

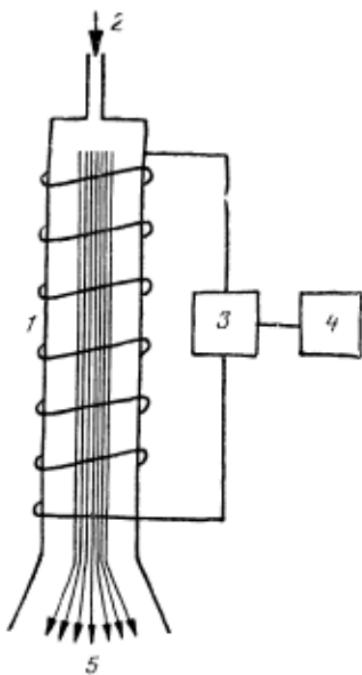


Рис. 16. Плазменный ракетный двигатель с индукционным нагревом плазмы:

1 — камера с обмоткой электромагнита; 2 — подача рабочего тела; 3 — генератор высокой частоты; 4 — источник электроэнергии; 5 — поток плазмы

двигатели отличаются простой регулировкой тяги — в этом одно из важных их преимуществ. Основной недостаток — нужда в громоздких, тяжелых источниках электроэнергии.

Для каждого ЭРД приходится захватывать на орбиту и небольшую электростанцию. Для ЖРД, где источник энергии и рабочее тело нераздельны, эта проблема отсутствует. Любопытно, что максимальная мощность,

развиваемая современными ЖРД, умопомрачительно велика. Так, можно подсчитать, что ЖРД с тягой 100 т развивает при выводе КА на орбиту мощность в 2 миллиона лошадиных сил! Если поставить такую же задачу перед ЭРД, то это значит, что надо прихватить с собой электростанцию, более мощную, чем Братская ГЭС! Нереальность такой попытки очевидна.

Правда, ЭРД — это двигатели малой тяги, для старта непригодные. Естественно поэтому, что требования к мощности бортовой электростанции соответственно снижаются. Снижаются, но не исчезают: подсчеты показывают, что при ничтожной тяге всего в 100 г мощность бортовой электростанции должна быть не меньше 40 лошадиных сил.

Вот в этом состоит основная трудность практического использования ЭРД. Найти мощные и в то же время легкие источники электроэнергии — вот главная задача, которую предстоит решить.

Из всех видов электростанций атомные электростанции, пожалуй, наиболее подходящие для ЭРД. Портативные атомные батареи, источником энергии в которых служит радиоактивный распад цезия и других элементов, уже использовались на американских ИСЗ. В будущем для питания ЭРД будут применяться, вероятно, и ядерные реакторы. Проектов такого типа очень много.

Теперь можно разъяснить, почему в качестве заголовка этой главы выбран афоризм, свойственный благородному и осторожности. Термические двигатели мощной тяги работают считанные минуты — они, как уже говорилось, безмерно прожорливы и успевают за эти минуты израсходовать полностью рабочее тело. Двигатели малой тяги куда более экономны и «благородны» — они расходуют меньше вещества, но зато могут действовать непрерывно многие недели и даже месяцы. Вот теперь подсчитайте, до каких скоростей, скажем, за два месяца может разогнаться тело, отправившееся в путь с ускорением всего в 0,001 g. Формула для решения простая:

$$v = at,$$

где  $v$  — конечная скорость;  $a$  — ускорение;  $t$  — время, протекшее с начала движения\*. Для нашего примера

\* Речь идет об отвлеченной задаче на прямолинейное уско-ренное движение.

получается, что через два месяца тело будет иметь скорость 50 км/сек. Уже этот упрощенный расчет показывает, что с двигателями малой тяги можно, по-видимому, преодолеть огромные расстояния. В полной же мере афоризм «тише едешь — дальше будешь» будет оправдан в следующей главе.

## **Парадокс наизнанку**

Помните, в чем заключался знаменитый «парадокс спутника»? Встречая сопротивление земной атмосферы, ИСЗ постепенно снижается, но с приближением к Земле его скорость по законам небесной механики возрастает. Выходит, что торможение в атмосфере ускоряет полет спутника.

О причинах этого действительно парадоксального явления мы уже говорили. Представьте себе теперь, что полет спутника снят кинокамерой, а при демонстрации фильма кинопленку мы пустим в обратном направлении, от конца к началу. На экране возникнет странная картина: спутник удаляется от Земли по раскручивающейся спирали, непрерывно замедляя при этом свой полет.

Любопытно, что этот несложный кинотрюк имеет прямое отношение к действительности. Полет по раскручивающейся спирали, этот своеобразный «парадокс наизнанку», получится в том случае, если ИСЗ снабдить каким-нибудь двигателем малой тяги.

В самом деле, тяга такого двигателя по величине сравнима с сопротивлением атмосферы, и если сила тяги будет направлена в ту сторону, куда движется спутник, она будет выполнять роль, обратную той, которую играет сопротивление атмосферы. Воздух тормозит полет спутника, тяга двигателя, направленная в сторону движения спутника, должна .... замедлять его полет!

Нет, это не описка — именно замедлять, а не ускорять: если торможение в атмосфере ускоряло полет спутника, то противоположно действующий фактор — разгон спутника с помощью двигателя малой тяги замедлит его полет! Разгон, замедляющий полет, — не правда ли, парадоксальное сочетание слов? Но именно это и получится в действительности.

На рис. 17 показана траектория полета КА, разгоняемого двигателем малой тяги. Это — спираль, медленно раскручивающаяся. Хотя (еще раз повторяем) скорость КА при полете по этой спирали непрерывно уменьшается, он может достичь не только эллиптической, но и параболической и даже гиперболической скорости (относительно Земли) для данной точки космического пространства!

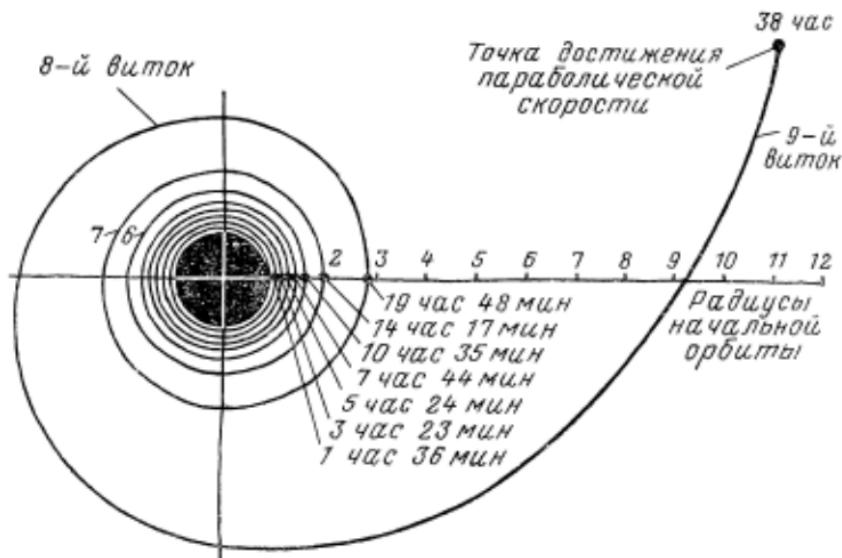


Рис. 17. Траектория полета при ускорении 0,005 g, направленном по касательной к траектории

Если, например, выключить двигатель на первых витках спирали, КА продолжит свободный полет по почти круговой орбите, так как достигнутая им скорость в момент выключения двигателя будет близка к круговой скорости для данного расстояния от Земли. Если выключение двигателя произвести, скажем, на 8-м витке спирали, то, хотя скорость КА будет меньше, чем в первом случае, для этого расстояния от Земли она окажется эллиптической; иначе говоря, пассивный полет будет продолжен по эллиптической орбите. Наконец, после выключения двигателя космический аппарат полетит далее по параболе.

Как видите, КА, снабженный двигателем малой тяги, действительно «разгоняется» до параболических и даже гиперболических скоростей, вместе с тем непрерывно за-

медляя свой полет. Это ли не один из самых удивительных парадоксов космонавтики!

Теперь уже стало яснее, где и как применять двигатели малой тяги. Они, например, хороши для сохранения постоянства орбиты ИСЗ. Сопротивление воздуха постепенно «сбрасывает» близкие ИСЗ на Землю. Установленный на спутнике и время от времени включаемый двигатель малой тяги будет поддерживать ИСЗ «на должном уровне».

Неоценимы услуги двигателей малой тяги при грузовых перевозках с Земли на Луну. Благодаря высоким скоростям истечения рабочего тела, двигатели малой тяги могут перемещать в космическом пространстве гораздо большую полезную нагрузку, чем, скажем, термохимические ракеты.

Конечно, при этом несколько удлиняются сроки — полет к Луне «малой скоростью» займет несколько дней или даже неделю. Но для грузовых перевозок это обстоятельство несущественно, лишь бы груз был велик. Вот для человека длительные перелеты нежелательны — возрастает при этом вероятность столкновения с метеорными телами. Правда, при полетах на очень большие расстояния и этот недостаток двигателей малой тяги (длительность перелетов) устраняется. Поясним, в чем здесь причина. Представим себе КА, расположенный на земной орбите. Солнечное притяжение сообщает ему ускорение  $6 \cdot 10^{-3} \text{ м/сек}^2$ . Двигатели малой тяги могут тому же КА сообщить не только близкое к этому, но и в десятки раз большее ускорение. Значит, спираль, по которой КА с двигателем малой тяги будет удаляться от Солнца, будет раскручиваться куда быстрее, чем рассмотренная выше «околоземная» спираль. Это и понятно, так как, стартуя с орбиты спутника Земли, двигатель малой тяги способен сообщить КА ускорения, в тысячи раз меньшие ускорения силы тяжести.

Расчеты показывают, что с хорошим ионным двигателем, дающим ускорения порядка  $0,001 \text{ g}$ , межпланетный ионолет достигнет орбиты Марса (стартуя с земной орбиты) еще до завершения первого оборота спирали.

Чем дальше цель межпланетного полета, тем эффективнее (в смысле сроков) применение двигателей малой тяги. Например, при ускорении порядка  $0,0001 \text{ g}$  межпланетный корабль достигает Марса через 300 дней. Для

ионных же двигателей, развивающих большие ускорения, сроки перелета на Марс и Венеру почти такие же, как у химических ракет. Зато при полете с таким двигателем к дальним планетам сроки сокращаются просто поразительно. Например, ионолет может долететь до Юпитера за 1,5 года, до Сатурна — за 2,5 года, до Плутона — всего за 3 года! С термохимическими ракетами удалось бы добраться до двух последних планет лишь соответственно за 6,5 и 19 лет. Вот где афоризм «тише едешь — дальше будешь» полностью оправдан.

Двигателям малой тяги принадлежит великое будущее. Только они позволяют человечеству «завоевать все околосолнечное пространство». Но никогда не следует забывать, что КА, снабженные такими двигателями, — это своего рода «межзвездные скитальцы». Они не могут ни подняться в Космос с поверхности Земли, ни «причалить» к какому-нибудь мало-мальски крупному небесному телу. Для взлета и посадки они совсем непригодны. Лишь в сочетании с мощными термохимическими и ядерными ракетами двигатели малой тяги принесут неоценимую пользу космонавтике.

## **Космические бригантины**

Парусный флот доживает свои последние дни. Сейчас редко можно увидеть несущееся под напором ветра крупное парусное судно — разве только что учебное. Корветы и бригантины безвозвратно ушли в прошлое, уступив место «моторному» надводному и подводному флоту.

Тем удивительнее возрождение древней идеи в самой современной области человеческой деятельности — в космонавтике. Намечается создание грандиозного небесного парусного флота. Только паруса для космических «парусников» будут особенными — очень большими по площади и вместе с тем предельно легкими. И надувать эти паруса будут не морские бризы или штормы, а давление солнечного света.

Идея «солнечного паруса» (этот несколько поэтический термин официально вошел в космонавтику) предельно проста. Свет оказывает, как известно, давление на освещаемые предметы. В земной обстановке это давление почти никак себя не проявляет, потому что величина

его ничтожна. На каждый квадратный метр земной поверхности солнечные лучи давят с силой около 1 миллиграмма. Не могут как-либо повлиять солнечные лучи и на полет самолета Ту-114 — ведь суммарное световое давление на самолет не превысит сотых долей грамма. На всю Землю солнечные лучи давят, правда, с силой 80 000 т. Но и эта величина покажется ничтожной, если вспомнить, что Земля весит  $10^{21}$  т. Словом, в земной обстановке солнечные паруса ни на что не годятся. Другое дело — в Космосе.

Представьте себе космический межпланетный корабль, единственным двигателем которого будет огромный солнечный парус. Расчеты показывают, что аппарат с массой в полтонны, снабженный парусом диаметром 300 м с поверхностной плотностью 0,2 миллиграмма на квадратный сантиметр (что достижимо уже для существующих материалов), способен развить ускорение порядка 0,0001 g. Стартуя с земной орбиты, этакая космическая бригантина доберется до Марса за 286 суток. Если сделать парус диаметром 2 км, то с его помощью КА массой 5 т может даже покинуть Солнечную систему. Эти примеры показывают, что создание космического парусного флота — совсем не сумасшедшая идея. Наоборот, эта идея весьма привлекательна по многим причинам, в частности и потому, что здесь используется для полета даровая и практически неисчерпаемая солнечная энергия.

Аналогия с парусным флотом здесь более глубокая, чем может это поначалу показаться. Космические бригантины смогут маневрировать не менее успешно, чем их земные предшественницы. Не беда, что солнечный «световой ветер» надует их паруса не сразу, а за десятки секунд или даже минуты. Когда солнечные паруса уже надуты, космический парусник может легко маневрировать, совсем так, как какая-нибудь парусная яхта.

Допустим, что ставится задача долететь до Марса. В этом случае при старте с земной орбиты можно поставить солнечный парус перпендикулярно солнечным лучам и сохранить эту ориентацию в течение всего полета. Давление солнечных лучей, как и притяжение Солнца, меняется обратно пропорционально квадрату расстояния. Солнце тянет корабль к себе, солнечный парус — в противоположную сторону. Создается положение, при котором космический корабль будет двигаться как бы под действием

«ослабленного» Солнца. Но если при круговом полете КА солнечное притяжение вдруг почему-либо ослабло, корабль по законам небесной механики, очевидно, перейдет с круговой орбиты на большую, эллиптическую. Подбирая соответствующим образом технические параметры космической бригантины (в частности, площадь ее паруса), можно «под парусами» долететь до орбиты Марса.

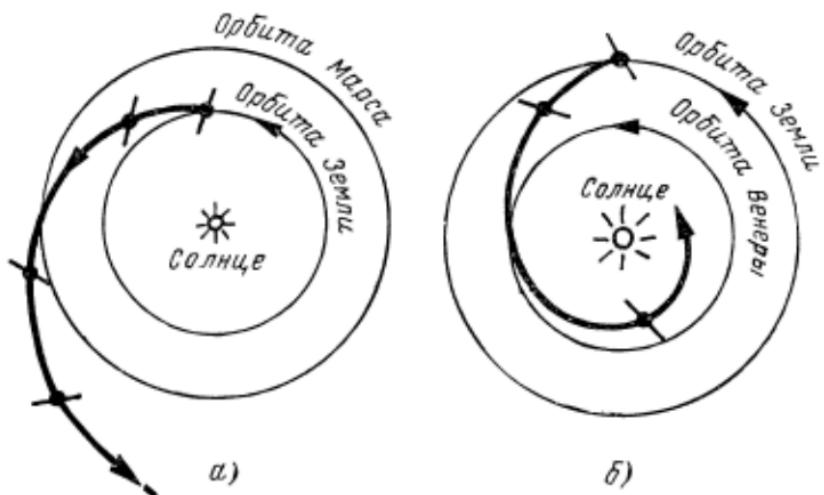


Рис. 18. Полет корабля с солнечным парусом к внешним планетам (а) и к внутренним (б)

Ту же задачу удобнее решить иначе. Если расположить солнечный парус так, чтобы лучи Солнца падали на него под некоторым острым углом (рис. 18), освещенность паруса, естественно, уменьшится, но зато появится составляющая силы тяги, направленная в сторону движения корабля. При таком «попутном ветре» небесный парусник долетит до Марса по спирали и притом гораздо быстрее, чем в первом случае.

Любителям парусного спорта отлично известен маневр движения против ветра. Нечто подобное можно осуществить и в Космосе. Представьте себе, что солнечный парус повернут слегка навстречу солнечным лучам, так что появляется составляющая светового давления, направленная против движения корабля. В этом случае солнечные лучи будут «сбивать» скорость корабля и последний начнет падать к Солнцу по закручивающейся спирали. При-

менив этот манёвр, можно, очевидно, перелететь с Земли на Венеру или Меркурий. Таким образом, космические бригантины способны перемещаться, принципиально говоря, по всей солнечной системе. Назовем сроки возможных межпланетных перелетов.

Пусть КА с солнечным парусом развивает ускорение  $0,0002\text{ g}$  и совершает полет по касательному эллипсу. Тогда такой космический аппарат доберется с земной орбиты до Марса за 322 дня, до Венеры за 164 дня, до Меркурия за 0,53 года, до Юпитера за 6,6 лет, до Сатурна за 17 лет, до Урана за 49 лет, до Нептуна за 96 лет, до Плутона за 145 лет. В отличие, скажем, от ионных двигателей космические бригантины выгодно использовать, пожалуй, лишь для ближних межпланетных перелетов. При полете к далеким планетам сроки получаются устраивающими (если не применять фантастически большие паруса). В чем же причина этого различия? Ведь и солнечный парус и ионный двигатель — это двигатели малой тяги.

Разгадка этого несложного парадокса очевидна. Ионный двигатель, как и другие рассмотренные нами двигатели малой тяги (кроме солнечного паруса), имеет всюду постоянную тягу и развивает в любой точке Солнечной системы одно и то же ускорение.

Иное дело — солнечный парус. Давление света, а стало быть и ускорение, развиваемое космической бригантины, тем больше (при одинаковой ориентации паруса), чем ближе она к Солнцу. Поэтому при полете в сторону Солнца, к Меркурию или Венере, «световой ветер» усиливается, сильнее надуваются солнечные паруса. Наоборот, удаляясь к темным границам солнечной системы, КА с солнечным парусом попадает в зону почти полного «безветрия». Вот почему ускорения солнечных бригантин вычитываются для определенного расстояния от Солнца (в приведенных примерах это ускорение указано для расстояния, равного радиусу земной орбиты).

Самое, пожалуй, трудное в создании космического парусного флота — это постройка огромных, очень тонких и прочных парусов и создание их сложной арматуры. Для этой цели, по-видимому, годятся пластмассовые пленки. Успехи современной химии вселяют надежду, что открытие космической навигации «под парусами» — дело вполне обозримого будущего.

**Солнечный** двигатель не принадлежит к числу ракетных. Заканчивая краткое знакомство с космическими двигателями, мы хотим подчеркнуть этим последним примером, что ракетные двигатели — не единственное средство перемещения в Космосе.



## Внутри космического корабля



Космические аппараты, успешно зарекомендовавшие себя в современной космонавтике, можно разделить на три основных типа:

I. Искусственные спутники. С них началась космическая эра, и первые из них дали многочисленное, поразительно разнообразное потомство. Тут и огромные орбитальные станции типа «Протон» и крошечные спутники-информаторы, начиненные миниатюрной аппаратурой разного устройства и назначения. Не прошло и первое десятилетие новой эры, как Луна и Солнце уже успели обзавестись свитой искусственных спутников, и нет сомне-

ния, что другие небесные тела в достаточно близком будущем последуют их примеру.

II. *Межпланетные автоматические станции*, включая и те, в задачу которых входит исследование Луны и ее поверхности. Как и искусственные спутники, они разведывают сложные, тернистые космические пути, по которым затем идет человек. Успехи этой категории КА памятны всем: фотографирование обратной стороны Луны и поверхности Марса, обследование соседних планет с близкого расстояния, посадка на Луну и Венеру. Они — отличные разведчики Космоса.

III. *Космические корабли* — то, с чем прежде всего связываются представления о полете человека в Космос. В конечном счете заселят ближний Космос не автоматы (какими бы совершенными они ни были), а человек. Космические корабли — высшее произведение современной космической техники и пока единственное техническое средство для полета человека на другие небесные тела.

Пока что эти корабли, для которых (в принципе) открыты безграничные дали Космоса, робко курсируют вблизи земных берегов и лишь немногие из них достигли Луны или ее окрестностей. Но впереди, в будущем, вполне обозримом, — регулярные полеты к Марсу, Венере... Космические корабли начнут бороздить безбрежный океан Вселенной.

В этой главе нам предстоит общее знакомство с устройством космических кораблей (КК), их конструкцией. И еще наше внимание привлекут проблемы навигационные, проблемы определения местоположения КК в полете. Что же удивительного — где корабли, плавание, там и навигация, штурманское дело. Если нельзя вслепую плавать по земным океанам, то тем более нужна навигация в звездоплавании. В этой части главы нам придется напрячь свое воображение и попробовать представить себя внутри кабины космического корабля, в роли его штурмана-космонавта.

## **Нужна ли обтекаемость?**

Вспоминаются наивные рисунки в старых книжках по космонавтике. Вот, например, давно ставшая библиографической редкостью книга безвременно погибшего

пионера космонавтики Макса Валье\*. На рис. 65 этой книги изображена площадь какого-то огромного города. На площади — наклонная эстакада, окруженная тысячной толпой зевак и провожающих. А с эстакады, тут же прямо с площади, взлетает в Космос космический корабль. Как обтекаемы формы этой космической торпеды! Обтекаемая форма сохранена и в полете (рис. 67 той же книги) и при посадке на Луну... Так ли всюду и всегда нужна обтекаемость?

Если говорить о полете в плотной атмосфере Земли или какой-нибудь другой планеты, то обтекаемые формы совершенно необходимы. Они уменьшают сопротивление среды, облегчают полет, экономя тем самым драгоценное топливо — все эти прописные истины давно известны. Но в безвоздушном межпланетном пространстве, где сопротивление среды почти неуловимо мало, заботиться об обтекаемости не приходится — внешние формы космического корабля могут быть любыми.

Мы уже говорили, что при длительных межпланетных полетах создание искусственной тяжести внутри КК станет насущной проблемой. С сигарообразным КК ее решить вряд ли удастся — слишком малой получится искусственная тяжесть из-за небольшого «радиуса вращения». Если же разделить КК на две части, скрепленные тросами, и привести эту систему во вращение, обтекаемость нарушится, но зато появится вполне ощутимая искусственная тяжесть. В космическом океане будут плавать корабли самых причудливых форм, — вспомните, как выглядели в полете межпланетные автоматические станции. Это уже было. А из того, что, возможно, будет, укажем в качестве любопытного примера на проект солнечного термического межпланетного космического корабля. Источник энергии двигателя этого корабля давовой и практически неисчерпаем — Солнце. Рабочее тело — легчайший жидкий водород. Конструкция двигателя по идеи своей предельно проста.

Два огромных шара из легкой прозрачной пластмассы заполнены также прозрачным рабочим телом. Половина каждого из шаров изнутри посеребрена или алюми-

---

\* М. Валье, Полет в мировое пространство, как техническая возможность, ОНТИ, 1936.

нированы, образуя таким образом вогнутое зеркало. Эти зеркала концентрируют солнечную энергию в своем фокусе, нагревая жидкий водород до высокой температуры. Испаряясь, рабочее тело с огромной скоростью вырывается из сопла двигателя, создавая для всей этой весьма громоздкой конструкции реактивную тягу.

А где кабина космонавтов? Ее не сразу найдешь, она скромно приоткрылась между двумя исполинскими шарами. Что и говорить, внешность этого КК совсем необычна.

## Угодить всем

Продолжая аналогию между земными лайнерами и космическими кораблями, заметим, что в обоих случаях чем мощнее двигатель (при прочих равных условиях), тем большую полезную нагрузку может нести корабль. В океанском лайнере это — жилые и рабочие помещения, салоны и рестораны, словом, все то, что не имеет непосредственного отношения к двигателям. В космических кораблях полезная нагрузка — космонавты и все то, что связано с созданием для них необходимого комфорта, приборы, энергетические установки, — словом, все, кроме двигателя и того, что прямо с ним связано (скажем, баки с топливом). Но движение небесных лайнеров не только труднее осуществить, чем земных, — сами физические законы, определяющие величину полезной нагрузки при данной мощности двигателя, здесь совсем иные.

Напишем формулу Циолковского для идеальной характеристической скорости в виде

$$v = c \ln \frac{M_0}{M}.$$

Возьмем скорость истечения *c* равной 3 км/сек, что близко к ее реальному значению для современных термохимических ракет. Если даже ракета не будет нести полезного груза, а будет состоять из, так сказать, «сухой» конструкции и топлива, то число Циолковского  $\frac{M_0}{M}$  вряд ли удастся сделать большим десяти. Но тогда получается, что

$$v = 3 \ln 10 \approx 6,9 \text{ км/сек.}$$

Этот элементарный расчет еще раз иллюстрирует знакомый читателю вывод, что одноступенчатые ракеты (по крайней мере, современные) для покорения Космоса не годятся. Известен и выход, указанный К. Э. Циолковским, — многоступенчатые ракеты. Каждая последующая ступень начинает разгон не с нуля, а уже с некоторой приобретенной предшествующей ступенью скорости. Как и все гениальное, эта идея очень проста. Но вот вопрос — до каких пределов можно увеличивать количество ступеней, каким длинным может быть ракетный космический поезд?

Казалось бы, чем больше ступеней в ракете, тем лучше, тем большую скорость приобретет последняя ступень, несущая полезный груз. Теоретически говоря, т. е. отвлекаясь от реальных проблем, связанных с прочностью материалов, с характеристиками конструкции и т. п., — так и будет. Но на практике получается иначе. Если число ступеней очень велико, космическая ракета конструктивно очень усложняется, а выигрыш в скорости (с прибавлением новых ступеней) становится все меньше и меньше. Вот почему для каждого конкретного случая приходится выбирать самое подходящее, оптимальное число ступеней. В современной космонавтике это число берется, как правило, равным трем, в крайнем случае — четырем. При будущих полетах, возможно, придется несколько увеличить число ступеней.

Выбор конструктивной схемы космического летательного аппарата всегда есть некоторый компромисс. Приходится учитывать не только особенности каждого блока конструкции и его взаимосвязь с целым, но и то, из каких материалов должен быть изготовлен этот блок.

Так, например, конструкция космического корабля должна надежно обеспечить метеорную и радиационную защиту. В то же время, стараясь избавиться от каждого килограмма лишнего веса, конструктор явно отдает предпочтение тонкостенным, относительно легким конструкциям. Системы управления и навигационные приборы при малом весе должны обладать большой надежностью, так как нарушение их настройки, юстировки, и вообще малейшая неточность в показаниях приборов может привести к нежелательным последствиям полета.

Об очень сложной, ответственной работе конструкторов космических кораблей читатель может узнать подроб-

нее из ряда книг\*. В монографии «Космическая техника» (сборник под ред. Г. Сейфера, изд-во «Наука», 1964) на странице 580 есть забавный рисунок. Изображены шесть вариантов конструкции космического корабля с точки зрения различных специалистов. Аэродинамик придал ему форму летящей стрелы. Двигателист, мало заботясь о сопротивлении среды, оснастил корабль могучими двигателями. У специалиста по системам наведения на передний план выступили конструктивные блоки, обеспечивающие именно эту задачу. По-своему, со своих «местнических» позиций решили проблему и другие специалисты.

Конечно, это шутка, да и рисунок этот выполнен в шутливой манере. Но в нем заключена серьезная мысль. Главный конструктор космического корабля должен «угодить всем». Он должен отыскать такое компромиссное решение, которое наилучшим образом удовлетворит требованиям всех специалистов.

Никто не станет утверждать, что конструирование космических кораблей — легкое дело. Но люди, непосредственно с этим делом не связанные, вряд ли в полной мере могут представить себе подвиг конструкторов космических кораблей. Скольким требованиям надо стараться сразу, одновременно удовлетворить, как неверно трудно бывает отыскать наилучший компромисс, самое удачное оптимальное решение.

## В кабине корабля «Восток»

Если двигатель космического корабля можно сравнить с сердцем, этим изумительным природным мотором, безостановочно работающим десятки лет, то кабина, где сосредоточены все средства управления космическим кораблем, — это его «мозг». Именно здесь находится самая полезная нагрузка корабля — космонавты. В этой кабине специальные системы жизнеобеспечения, о которых еще пойдет речь, создают космонавтам необходимый комфорт, некое подобие земной обстановки. Отсюда

\* См., например, сборник «Пилотируемые космические корабли», Изд-во «Машиностроение», 1968, «Инженерный справочник по космической технике», Воениздат, 1969.

Космонавты управляют полётом космического корабля, всеми его системами и узлами, здесь ведутся наблюдения за окружающей обстановкой, отсюда поддерживается связь с Землей.

Уже построены разнообразные космические корабли, впереди — создание грандиозного космического флота, но из всех кораблей есть один, к которому всегда будет приковано внимание человечества. Это — советский космический корабль «Восток», на котором первый космонавт Земли Юрий Гагарин 12 апреля 1961 года совершил первый космический полёт. Когда-нибудь этот чудесный летательный аппарат в техническом отношении покажется столь же скромным, как, скажем, каравеллы Колумба в сравнении с современными океанскими лайнерами. Но это ни в коей мере, разумеется, не уменьшит интереса, проявляемого к этому кораблю.

Итак, отправимся на Выставку достижений народного хозяйства в Москве и посетим тот павильон, где теперь как величайшая музейная ценность хранится становящийся легендарным космический корабль «Восток». Познакомимся с ним поближе.

Корабль состоит из двух частей. Первая из них — кабина, где помещались космонавт, оборудование для жизнеобеспечения и системы приземления. Вторая, большая часть корабля, — это приборный отсек с тормозным двигателем и другим оборудованием.

Кабина корабля гораздо просторнее обычной кабины летчика на самолете. Снаружи она покрыта специальным слоем тепловой защиты, без которой немыслим стремительный спуск в атмосфере. В кабине три иллюминатора с жаропрочными стеклами и два быстро открывающихся люка.

Кресло у космонавта особенное, установленное так, чтобы на участках выведения и спуска корабля перегрузки действовали на космонавта в наиболее благоприятном направлении (грудь — спина). Если бы даже по какой-нибудь причине герметизация кабины была нарушена, жизнь космонавту сохранял бы скафандр.

Все было предусмотрено для благополучного исхода этого величайшего эксперимента. В нужный момент кресло космонавта вместе с ним было катапультировано — выброшено из корабля с последующим приземле-

нием на парашюте, хотя мягкая посадка могла быть совершена и в кабине корабля.

Представьте себе теперь, что вы заняли место космонавта (рис. 19). Перед вашими глазами — хитроумные устройства, обеспечивающие безопасность полета. Слева — пульт пилота с многочисленными выключателями. Прямо перед глазами — приборная доска с движущимся

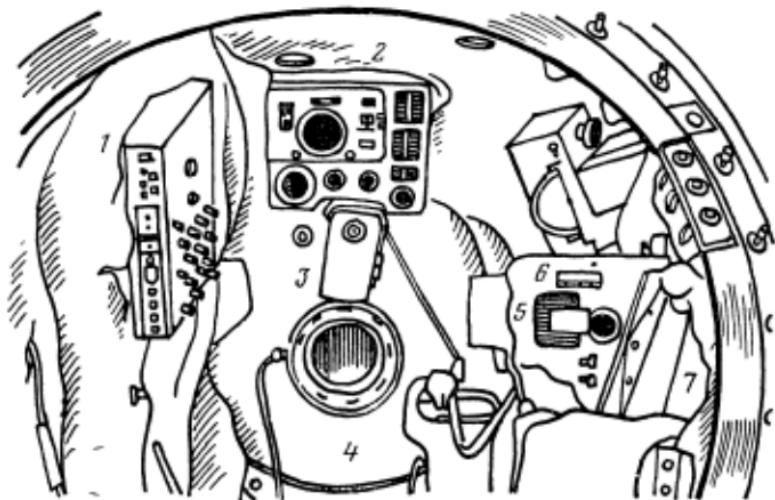


Рис. 19. Внутренний вид кабины корабля «Восток»:  
1 — пульт летчика; 2 — приборная доска с глобусом; 3 — телевизионная камера;  
4 — иллюминатор; 5 — ручка управления; 6 — радиоприемник,  
7 — контейнер с пищей

глобусом, который устроен так, что по нему космонавт сразу видит, над каким районом Земли он летит. Небольшая телевизионная камера своим внимательным глазом постоянно следит за космонавтом и передает его изображения на Землю. На корабле их две — одна давала изображение Юрия Гагарина в профиль, другая — анфас.

Иллюминатор, расположенный под телевизионной камерой, не простой: он снабжен специальным оптическим ориентиром. Когда корабль относительно вертикали ориентирован правильно, космонавт видит изображение горизонта в форме кольца.

Космонавт мог сам вручную управлять полетом космического корабля — справа в кабине вы видите ручку, с помощью которой кораблю можно было придать в по-

лете нужную ориентацию. Тут же поблизости помещены радиоприемник и контейнеры с пищей.

Юрий Гагарин совершил всего один виток вокруг Земли, но это не значит, что полет не мог быть более длительным. Запасов пищи, воды и всего того, что необходимо для космонавта, хватило бы на десять суток. Но для первого раза, первого небывалого опыта достаточен был и один виток.

Вспомним основные параметры первого пилотируемого космического полета. Ракета-носитель, имевшая шесть двигателей, развила при выводе корабля на орбиту мощность в 20 миллионов лошадиных сил. Орбита «Востока» была эллипсом, апогей которой имел высоту 327 км, а перигей 181 км. Была выбрана орбита, наклоненная к плоскости земного экватора под углом, близким к 65°.

Весил «Восток» 4725 кг. Когда он был выведен с космодрома Байконур на космическую орбиту, с ним поддерживалась с Земли постоянная радиосвязь. Радиоволны доносили «с небес» голос Юрия Гагарина, его изображение, передавали сведения о характере движения корабля, прогнозировали его дальнейший полет. Взлетевший к звездам первый космонавт оставался связанным с Землей не только ее гравитационным полем, но и невидимыми электромагнитными «нитями», без которых был бы немыслим и сам полет, да и вообще все дальнейшее проникновение человечества в Космос.

## Где я?

Представьте теперь себя в роли космонавта-звездоплавателя. Космический корабль выведен на окончательную орбиту и совершает пассивный полет. Главная забота космонавта и наземных систем управления полетом — обеспечить нужный режим полета: корабль должен лететь строго «по курсу», т. е. по заранее намеченной траектории и со вполне определенной скоростью. Если это не будет соблюдено, цель окажется недостигнутой.

Многие даже не подозревают, какая это скрупулезная задача — вывести КА на расчетную теоретически заданную орбиту. Выводящая двигательная система (ракета-носитель) должна в момент отделения от нее космического корабля сообщить ему как можно точнее за-

данную скорость. Малейшие отклонения в величине или направлении скорости могут дать на большом расстоянии до цели огромные промахи. Повторяем, что так как абсолютно точное выполнение программы запуска невозможно, т. е. реальная траектория всегда будет несколько отличаться от расчетной, возникает задача — исправлять, корректировать траекторию космического корабля во время его полета. Но для этого надо предварительно знать, где находится космический корабль, какова его скорость и насколько он уклонился от расчетной траектории. Эти задачи решает особый раздел космонавтики, который можно назвать космической навигацией.

К задачам, решаемым космической навигацией, следует отнести и такие:

- выбор и расчет орбиты КА;
- осуществление контроля за движением КА по расчетной орбите;
- обеспечение нужной точности в совершении маневров, т. е. при переходе с одной орбиты на другую;
- достижение цели, в частности, посадка на небесное тело, возвращение и посадка на Землю.

Это, конечно, не все, а только самое главное, чем занимается космическая навигация \*.

В первом космическом полете Юрий Гагарин совмещал в одном лице и пилота, и штурмана, и бортмеханика космического корабля. В дальнейшем в некоторых случаях каждая из этих и других специальностей будет представлена отдельным космонавтом — пилотом, штурманом, бортмехаником, врачом, ученым-наблюдателем. Так, собственно, и было уже во время первых групповых полетов. Но сейчас, приглашая читателя к некоторому мысленному эксперименту, мы хотим, чтобы он представил себя в роли штурмана-космонавта.

Вопрос «где я?», т. е. вопрос о местоположении космического корабля в пространстве, — вот что прежде всего потребует от него ответа.

Представьте себе, что маршрут выбран дальним — скажем, корабль летит на Марс или Венеру. В иллюминаторы видна медленно удаляющаяся Земля, необычно яркий серп Луны, ослепительное, невыносимое для глаз

\* Подробнее см. Л. М. Воробьев, Навигация космических кораблей, Воениздат, 1964.

Солнце — и все это на фоне совершенно черного неба, усеянного яркими немерцающими звездами.

Чем ближе предмет, тем большим он кажется. Значит, измерив с корабля, например, угловой диаметр (или радиус) Луны, можно вычислить расстояние до нее по простой формуле

$$d = r \operatorname{cosec} \alpha,$$

где  $r$  — радиус Луны в километрах (он давно известен астрономам), а  $\alpha$  — угол, под которым этот радиус виден с корабля.

Допустим, что  $d$  получилось равным миллиону километров. По этой единственной величине, или, как говорят, параметру, еще нельзя сказать, в какой именно точке пространства находится корабль. Можно лишь утверждать, что это будет одна из точек исполнинской сферы, центр которой совпадает с центром Луны, а радиус равен миллиону километров. Поскольку поверхность сферы отчасти определяет положение космического корабля в пространстве, она называется поверхностью положения.

Повторим теперь ту же операцию с другим объектом, например, с Землей. И на этот раз по видимому с корабля угловому диаметру Земли можно найти вторую поверхность положения, вторую сферу другого радиуса, центр которой совпадает с центром Земли. Так как космический корабль должен одновременно находиться и на первой и на второй сфере, то, следовательно, он находится на линии их пересечения, представляющей собой некоторую окружность. Задача опять до конца не решена, но все же она заметно упростилась — теперь следует искать корабль где-то на этой окружности. Если в третий раз применить тот же прием и по какому-нибудь параметру построить третью сферу, то эта сфера будет иметь с упомянутой окружностью только две точки пересечения. Обе они обычно далеки друг от друга, и выбор между ними не составляет труда — берут ту, которая ближе к расчетной траектории. В этой точке пространства и находится корабль \*. Описанный метод во многом похож на тот, который уже давно применяется в мореплавании.

\* См. «Справочник по космонавтике», Воениздат, 1966.

Пусть читатель не думает, что поверхности положения это обязательно сферы. Если космонавт измерил с корабля угол между направлениями на центры двух планет, то поверхностью положения в этом случае будет сложная поверхность, называемая циклидой. У нее, пожалуй, есть нечто общее с бубликом или круглым пончиком.

Можно определить положение корабля, наблюдая его с земных станций. Пусть ось системы радиолокатора направлена на корабль. По положению этой оси замеряются два угла — азимут корабля и его угловая высота над плоскостью горизонта. Радиолокация же корабля дает расстояние до него. По этим трем параметрам совершенно однозначно находят положение корабля в пространстве.

Читатель, вероятно, без труда сообразит, что каждому параметру соответствуют разные поверхности положения: азимуту — плоскость, угловой высоте — коническая поверхность, расстоянию до корабля — сфера. Правда, на практике поступают иначе — здесь же речь идет о самых простых принципах ориентации.

Даже эти самые общие и поверхностные рассуждения о методах космической навигации многим, вероятно, покажутся скучными и сложными. На практике все гораздо сложнее. В частности, приходится учитывать очень многие факторы, если только мы заинтересованы в возможно более точном ведении космического корабля «по курсу».

Так, например, расстояния между телами Солнечной системы известны с точностью до 0,01 %. Казалось бы, неплохая точность. Но, увы, в абсолютной мере соответствующая погрешность может быть очень большой: скажем, для расстояния в 20 млн. км ошибка может составить 2000 км. А это непременно повлечет за собой соответствующие ошибки в определении поверхностей положения. С такой же относительной ошибкой известны астрономам диаметры тел Солнечной системы и вообще все линейные расстояния в Солнечной системе. Вот почему так важно для космонавтики как можно точнее измерить астрономическую единицу — расстояние от Земли до Солнца. Зная эту величину, так сказать, масштаб Солнечной системы, можно по ней легко рассчитать и все остальные расстояния.

О том, насколько сложны задачи космической навигации, можно судить и по другому примеру. Известно, что штурманы самолетов издавна пользуются в полете звездами, как прекрасными ориентирами. При космических полетах, в особенности когда выбран дальний маршрут, окружающее космический корабль со всех сторон звездное небо оказывается одним из главных средств для правильной ориентации корабля, для сохранения выбранного курса. «Привязываясь», как выражаются штурманы, к звездам, надо возможно точнее знать их положение на небе и в пространстве. Тут-то и начинаются трудности.

Оказывается, для нужд космической навигации приходится учитывать даже такие тонкие эффекты, как собственное движение звезд в пространстве и их кажущиеся смещения (так называемые параллактическое и аберрационное), вызванные движением Земли вокруг Солнца. Даже поправки на скорость света, о чем в земной практике мы никогда не думаем, в космонавтике совершенно обязательны. Пусть, например, Марс находится от корабля на расстоянии 143 млн. км, которое луч света проходит за 380 сек. За этот промежуток времени Марс сместится по орбите на 11 000 км, и, если не учитывать поправки на скорость света, столь же велик будет и промах в расчетах.

Словом, задав вопрос «где я?», космонавт не сразу и не без труда найдет на него ответ. Более того, при современных полетах ответ на этот вопрос получают лишь при совместных действиях космонавта и наземных станций.

## Чудо-глобус и астроориентатор

Многие, вероятно, читали или слышали о любопытном навигационном приборе, впервые установленном на первом космическом корабле «Восток». Речь идет о маленьком вращающемся глобусе, на котором космонавт видит, где, над каким районом земного шара летит в этот момент его корабль. Как устроен этот чудо-глобус?

Космонавт в космическом корабле видит через иллюминатор, как под ним медленно поворачивается Земля. Эту смену панорамы вызывают две главные причины:

вращение Земли и движение корабля по его орбите. Чудо-глобус, или, применяя более сдержанную терминологию, навигационный глобус, основан на моделировании этих двух движений (рис. 20).

С помощью миниатюрных двигателей  $D_1$  и  $D_2$  обыкновенному географическому глобусу сообщается одновременное вращение вокруг двух осей. Одна из них (ось

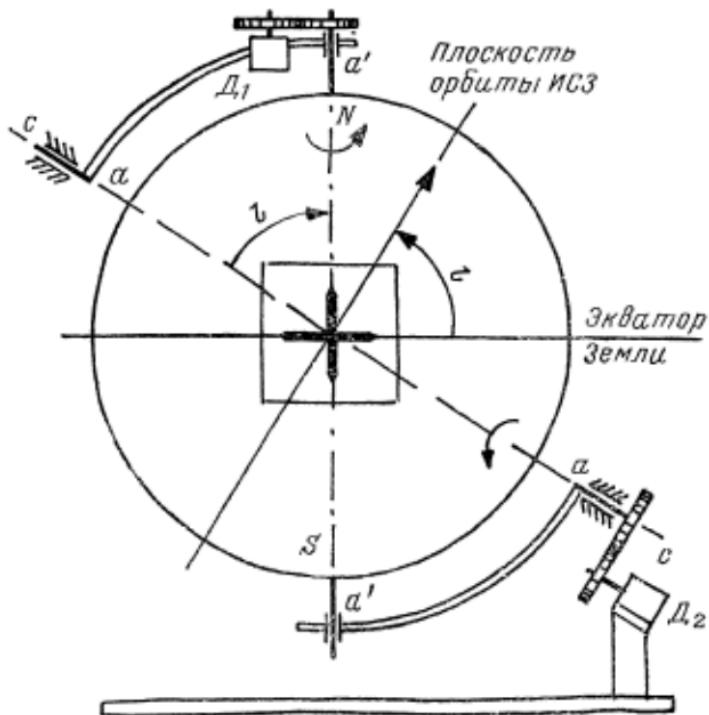


Рис. 20. Схема навигационного глобуса:

$D_1$  и  $D_2$  — двигатели;  $NS$  — ось вращения Земли;  $cc$  — ось, перпендикулярная к плоскости орбиты корабля,  $aa$  — дуги для установки наклонения орбиты

$NS$ ) параллельна земной оси, и вращение глобуса вокруг нее моделирует суточное вращение земного шара. Ось  $cc$  перпендикулярна к плоскости орбиты космического корабля, и вращение вокруг нее моделирует полет космонавта (при этом, конечно, глобус вращается в направлении, обратном направлению полета).

Над глобусом помещается органическое стекло с рисункой в виде перекрестия над центром глобуса. Под этой

риской на глобусе космонавт видит район Земли, над которым он летит.

Навигационный глобус — прибор не очень точный. В его устройстве не учитывается, что орбита космического корабля отличается от круговой, да и плоскость этой орбиты медленно поворачивается в пространстве. Однако космонавт время от времени может исправлять на-

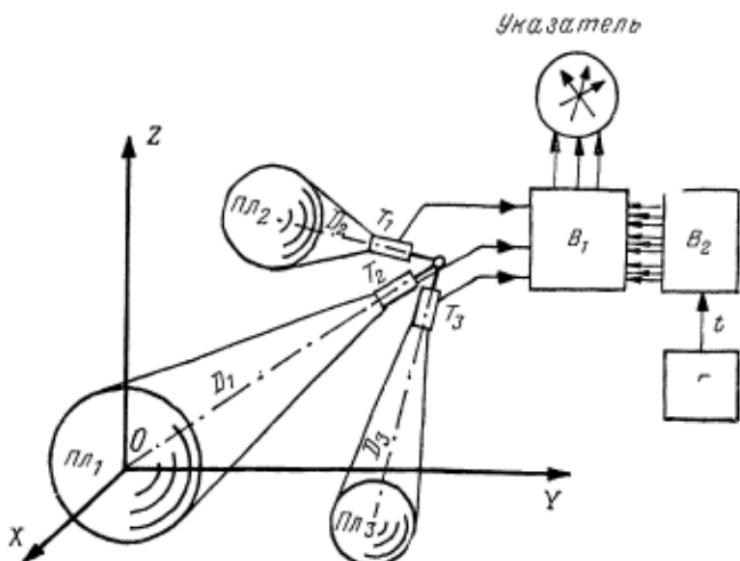


Рис. 21. Схема астроориентатора:

$B_1$  и  $B_2$  — вычислительные блоки;  $\Gamma$  — генератор стабильной частоты  $t$ ;  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  — телескопы, направленные на три тела ( $ПЛ_1$ ,  $ПЛ_2$ ,  $ПЛ_3$ ), с одним из которых связывается система отсчета  $XOY$

копленные ошибки, поворачивая глобус так, чтобы под риской оказался тот пункт Земли, над которым (по другим точным сведениям) пролетает в данный момент корабль. Для дальних полетов навигационный глобус, естественно, не годится. Придется пользоваться другими навигационными приборами, более сложными, но зато и более точными. В качестве примера рассмотрим так называемый астроориентатор (рис. 21).

С помощью трех фотоэлектрических следящих систем  $T_1$ ,  $T_2$  и  $T_3$  измеряются угловые диаметры (или интенсивность излучения) трех небесных тел. Соответствующие сигналы, а также данные о координатах небесных светил поступают в вычислители  $B_1$  и  $B_2$ . Измерение времени производится генератором стабильной частоты  $\Gamma$ .

В итоге работы этих автоматов космонавт получает координаты космического корабля в пространстве, а это дает возможность сравнить реальную орбиту с расчетной.

Стоит, пожалуй, упомянуть еще об одном бортовом устройстве, помогающем космонавту ориентироваться в полете. Речь идет о так называемом акселерометре —

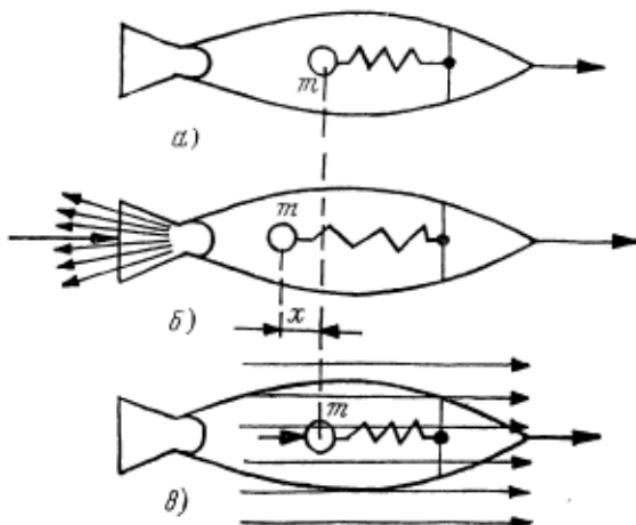


Рис. 22. Схема работы акселерометра с грузом  $m$ :  
а — при равномерном движении корабля; б — при уско-  
ренном движении под действием силы тяги; в — при ус-  
коренном движении под действием гравитационной силы

измерителе скорости космического корабля. Поясним принцип его действия.

Представьте себе самый обычный безмен, на котором подвешен небольшой груз. Пока вы спокойно держите безмен в руках, его указатель показывает на одно и то же деление шкалы. Но вот вы резко, рывком (с ускорением!) потянули безмен вверх. Это тотчас же скажется на положении указателя безмена — растянувшаяся пружина заставит его опуститься вниз. Выходит, что безмен при некоторых условиях может быть измерителем ускорения.

В сущности, подобным же образом действует и космический акселерометр.

Если двигатель включен и ракета (например, на стартовом участке траектории) набирает ускорение, пружина акселерометра растягивается и тем сильнее, чем больше ускорение (рис. 22).

К сожалению, акселерометр замеряет не скорость ракеты, а именно ее ускорение. Но по этим данным можно рассчитать и скорость космического корабля. Гораздо существеннее другой недостаток акселерометра: он никак не реагирует на ускорения корабля, вызванные гравитационным полем. В этом случае, как и все предметы внутри корабля, грузик акселерометра приобретает невесомость, пружина остается нерастянутой и этот нехитрый навигационный прибор попросту «молчит». Тут нужны другие средства измерения, другие приборы.

Все то оборудование кабинки, с помощью которого космонавт определяет с борта корабля свое положение в космическом пространстве, составляет так называемую автоматическую систему навигации. В будущем при дальних космических полетах ее роль, вероятно, будет очень существенной. Пока же в современной космонавтике главные навигационные задачи решает наземное радиотехническое оборудование, конечно, в сочетании с теми радиотехническими устройствами, которыми в изобилии начинен любой современный космический корабль.

## Расчеты и «просчеты»

Любой серьезный автотурист, отправляясь в дальнее путешествие, непременно заранее выберет маршрут и режим движения. Карты помогут этот маршрут сделать предельно наглядным, особенно если нанести проектируемый маршрут на карту.

Каждому космическому полету предшествует аналогичная подготовка. Только она гораздо сложнее, разнообразнее, хотя принцип остается тем же — намечается маршрут, т. е. предварительно вычисляется так называемая расчетная траектория полета. Для первых ИСЗ задача была относительно проста — надо было вычислить исходя из начальных условий запуска (т. е. положения ИСЗ в момент его отделения от ракеты-носителя и его начальной скорости) так называемые элементы орбиты ИСЗ. Как уже неоднократно говорилось, «задача двух

тел» допускает только три типа орбит — эллипсы, гиперболы и параболы. Естественно, что для спутника го-ден только первый вариант — эллиптическая орбита. Какими же «элементами» она может быть охарактери-зована?

Их всего шесть (рис. 23). Первые два из них — наклонение орбиты  $i$  и прямое восхождение восходящего узла  $\Omega$  — характеризуют положение той плоскости, в ко-торой лежит орбита спутника.

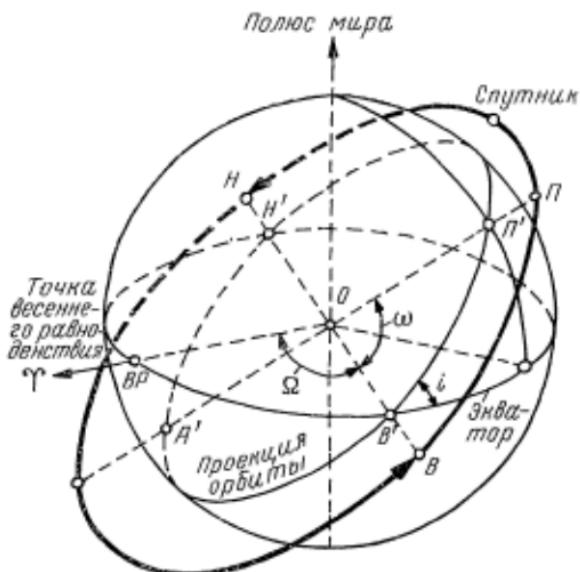


Рис. 23 Элементы орбиты спутника

Вы заметили на рисунке, что  $i$  есть угол между плос-костью земного экватора и плоскостью орбиты спутника, а  $\Omega$  — угол между линиями пересечения этих плоскостей и направлением из центра Земли на точку весеннего рав-ноденствия  $\Gamma$ . Что касается формы и размеров эллип-тической орбиты ИСЗ, то они характеризуются еще дву-мя элементами — большой полуосью эллипса  $a$  и его эксцентриситетом  $e$ , т. е. отношением расстояния между фокусами эллипса к его большой оси.

Четырех элементов все-таки мало. Можно представить себе бесчисленное множество эллипсов с этими элемен-тами, но по-разному повернутых в плоскости, в которой они лежат. Чтобы «твердо закрепить» эллиптическую орби-

ту, придется добавить еще один, пятый элемент — аргумент перигея  $\omega$ , равный углу между большой осью эллипса и линией пересечения плоскости земного экватора с плоскостью орбиты.

Теперь орбита определена вполне жестко, но не хватает еще одного элемента, который бы характеризовал положение ИСЗ на его орбите в данный момент времени. Таким элементом может, например, служить момент  $T$  выведения спутника на орбиту.

В более сложных случаях (например, при полетах к Луне или планетам) также заранее вычисляют намеченную траекторию. Но она, конечно, не будет такой простой, как, например, у первого ИСЗ. Это уже очень сложная траектория, вычисленная с учетом возмущений от разных небесных тел. Собственно говоря, и траектории ИСЗ никогда не являются эллипсами. Возмущения со стороны Луны и Солнца, сплюснутость Земли и многие другие факторы превращают орбиты ИСЗ в очень сложные, непрерывно изменяющиеся кривые, у которых все элементы (кроме, конечно, последнего, шестого) изменяются во времени.

И все-таки как бы ни была на практике сложна задача вычисления расчетных траекторий, ее всегда приходится решать. В этом неоценимую помощь оказывают электронно-вычислительные машины.

Итак, расчетная траектория готова, маршрут намечен, космический корабль отправился в полет. Главная задача пилота (или автоматов, которыми «начинен» КА) — обеспечить минимальное расхождение между реальной траекторией полета и расчетной. Абсолютное их тождество невозможно хотя бы потому, что нельзя учесть множества подчас случайных факторов, которые неизбежно исказят первоначальный замысел. Просчеты? Да, пожалуй. Но «просчеты» совершенно неизбежные, их причины — в бесконечной сложности окружающего нас мира.

Абсолютной точности (как всегда и во всем) здесь нет и быть не может. Практически задача ставится иначе — обеспечить движение КА по траектории, максимально близкой (насколько позволяют современные технические средства) к расчетной. Успешное решение этой задачи в основном зависит от двух причин: работы бортовых двигателей, обеспечивающих «исправление» траектории, приближение ее к расчетной, и работы систем, с помощью

которых определяют в данный момент времени положение КА на его орбите. Если все работает надежно — это залог успеха.

Мы не будем входить в технические детали, но подчеркнем одну важную в практическом отношении мысль. Чем точнее, надежнее работает аппаратура в кабине космонавта, а также бортовые, корректирующие двигатели корабля, тем меньше придется затратить топлива на исправление траектории. Надежность — едва ли не самое главное качество всей космической техники. «Просчеты» в этой области просто недопустимы.

## Как маневрируют космические корабли

Уже первый в мире искусственный спутник Земли не был простым куском металла. Начиненный радиоаппаратурой и источниками питания, он возвестил о начале космической эры позывными, взбудоражившими все человечество, и позволил получить ценные для науки данные. Но никаких устройств для совершения маневров он не имел. Дальнейший прогресс космических аппаратов выражался не только в увеличении их веса и технической насыщенности, но и в придании им (в особенности космическим кораблям) максимальной активности (маневренности). В 1963 г. появились первые в мире маневрирующие советские ИСЗ серии «Полет», и уже сейчас, спустя несколько лет, маневрирование космических кораблей стало делом привычным и распространенным.

Как же технически осуществить маневрирование невесомым космическим кораблем?

Для маневров прежде всего необходим бортовой двигатель. Без него полет будет таким же пассивным, как у брошенного камня. В распоряжении космонавта — система управления бортовым двигателем (или двигателями). Поясним принцип их действия — в общих чертах он достаточно прост.

Включая двигатель, космонавт превращает пассивный полет в активный. Регулируя силу тяги двигателя, можно изменять величину скорости космического корабля. Разумеется, двигателю приходится при этом преодолевать инерцию невесомого корабля. Поэтому требуемая скорость набирается постепенно, т. е. корабль разгоняется

или тормозится (если тяга двигателя направлена против движения корабля) с некоторым ускорением.

При маневрах в космосе приходится, однако, изменять не только величину скорости космического корабля, но и ее направление. Это можно сделать по-разному. Познакомимся с двумя вариантами.

Еще Циолковский предлагал в струе газов, вырывающихся из сопла двигателя, поместить жаростойкие графитовые рули — вращающиеся пластинки, способные отбрасывать газовую струю в разные стороны. В соответствии с положением графитового руля изменит направление полета и космический корабль.

Другой технический вариант — поворотное сопло на карданном подвесе. И здесь изменяется направление газовой струи, выбрасываемой двигателем. Есть, конечно, и другие технические решения, но все они объединены одной идеей — изменить направление реактивной струи.

Если с помощью описанных устройств космонавт волен менять не только величину скорости космического корабля, но и ее направление, то, собственно говоря, это и есть то, что необходимо для маневра.

Уже на современном уровне космонавтики маневры стали необходимым элементом космического полета. Без маневров невозможна коррекция траектории, а значит, следование по намеченному курсу. Немыслимы без маневрирования нистыковка космических аппаратов, ни их мягкая посадка на Землю и небесные тела.

Бряд ли нужно доказывать, что в будущем в ходе дальнейшего освоения космоса маневры станут более сложными, разнообразными и, конечно, точными. Здесь, как и всюду в космонавтике, ручное управление будет разумно сочетаться с автоматическим. Залог всех дальнейших успехов в космосе — «содружество» человека и автоматов.

## Три стабилизатора

Если предоставить КА самому себе, то по разным причинам он не останется в покое, а во время полета начнет «кувыркаться», т. е. беспорядочно вращаться вокруг некоторых осей. Кстати, именно так ведут себя малые планеты — астероиды. При движении вокруг Солнца эти ис-

полинские глыбы неправильной формы беспорядочно вращаются, кувыркаются, что является одной из причин колебаний их блеска, наблюдаемых с Земли.

Но то, что по воле сил природы совершается с астероидами, недопустимо для КА. Многие из них должны во время полета сохранять нужную ориентацию в пространстве. Без этого нельзя совершать маневры, выполнять фо-

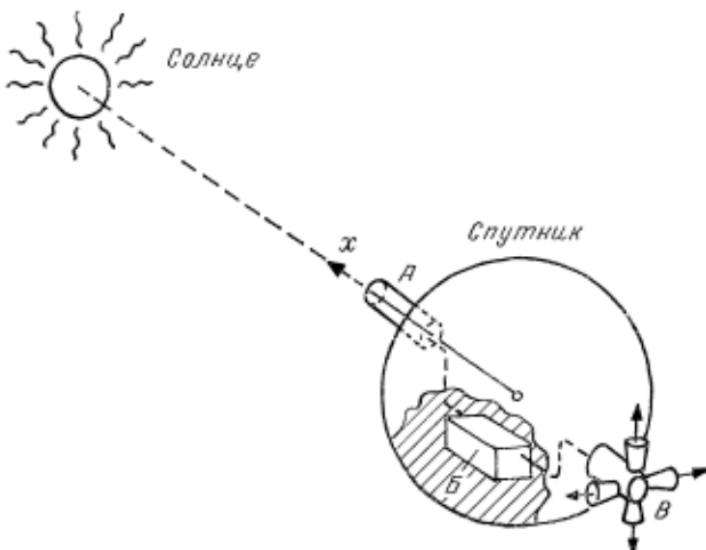


Рис. 24. Оптический стабилизатор спутника:

4 — чувствительный элемент; 5 — усилительно-преобразующее устройство; 6 — органы управления; x — ось ориентации на Солнце

тографирование поверхности небесных тел (скажем, Луны или Марса) и решать многие задачи полета.

Правда, в ряде случаев для сохранения нужного теплового режима космическому аппарату придается произвольное вращение — в таких случаях «кувыркание» становится полезным.

Не вдаваясь в технические детали, познакомимся с тремя типами стабилизаторов, точнее, с основными принципами их действия.

Начнем со стабилизатора оптического типа (рис. 24). Система А состоит из нескольких чувствительных элементов и направлена в сторону Солнца. Если фотоглаз стабилизатора направлен прямо на Солнце, возникающий в фотоэлементах ток имеет максимальную силу. Стоит

только системе *A* чуть уклониться от направления на Солнце, ток ослабевает и эти ослабленные сигналы поступают в усилительно-преобразующее устройство *B*, которое вырабатывает соответствующие команды на органы управления *V*. Эти команды заставляют весь аппарат повернуться к Солнцу так, чтобы ток в фотоэлементах снова достиг максимальной силы.

Стабилизатор гантельного типа основан на другом принципе (рис. 25). Если самую обычную гантель превратить в спутника Земли, очень скоро она повернется своей осью к центру Земли. Причина понятна: в ином положении ближний к Земле шар гантели будет притягиваться ею сильнее, чем дальний. Возникает врачающий момент, который исчезает только тогда, когда ось гантели направлена к Земле.



Рис. 25. Различные положения ориентатора гантельного типа на орбите

сам без всякого дополнительного устройства повернется осью к центру ближайшего небесного тела — никаких дополнительных стабилизирующих устройств не потребуется. Любопытно, что и Луна ведет себя как гантель — она всегда повернута своими затвердевшими приливными горбами к нашей планете.

Есть, наконец, третий тип стабилизатора, в котором решающая роль отводится давлению солнечного света. Само стабилизирующее устройство — конусообразный экран, снабженный штангой. Устойчивым будет только одно из положений. В других положениях солнечный стабилизатор не останется в покое, а будет стремиться занять именно это устойчивое положение.

При всех различиях в принципах действия задача стабилизаторов одна — упорядочить полет, обеспечить всегда и в любой момент нужную ориентацию КА.

## В борьбе с жарой и холодом

Космос — это мир резких температурных контрастов. На Земле в жаркий летний день можно укрыться в тень,

уйти в спасительную прохладу. А на Луне получится иначе. Если «на солнце» в лунный полдень температура близка к +100° С (а в некоторых районах Луны еще выше), то тут же рядом в тени какой-нибудь лунной горы мороз достигает —120° С или даже ниже. И нет никаких плавных переходов между непереносимой (без защитных средств!) жарой и ужасающим «космическим» холодом.

В чем физическая причина таких тепловых контрастов? Оказывается все дело в способах передачи тепла от одного тела к другому.

Вы кладете руку на батарею комнатного отопления, и она тотчас ощущает тепло. Энергично движущиеся молекулы нагретой батареи передали частично свою энергию молекулам вашей руки, их средняя кинетическая энергия возросла, и это изменение вы ощутили, как повышение температуры. Такова физическая подоплека того способа переноса тепла, который называется *теплопроводностью*.

Но тепло может передаваться и иначе. Затопив печь, вы нагреете то помещение, где она находится. Этот нагрев произошел главным образом за счет *конвекции*, т. е. перемешивания теплого и холодного воздуха.

В космосе чаще всего действует третий способ переноса тепла, так называемый лучистый перенос, или лучиспускание. Раскройте дверцу жарко натопленной печи — и на вас «пахнет жаром». Что произошло? Теплопроводность? Нет, так как вы не находились в прямом контакте с печкой. Конвекция? Также не годится — вы ощутили жар тотчас же, а для переноса тепла посредством конвекции нужно некоторое время. В рассматриваемом случае произошел лучистый перенос. Лучи от раскаленных дров и пламени практически мгновенно (точнее, со скоростью света) достигли вашего лица и частично передали свою энергию чувствительной человеческой коже.

Теперь становится понятной причина температурных контрастов на Луне. Конвекция там отсутствует — воздуха нет. Теплопроводность поверхностных лунных пород очень мала. В тень от горы попадают только отраженные лунной поверхностью (и потому сильно ослабленные) солнечные лучи. Их энергии явно недостаточно, чтобы нагреть (за счет лучистого переноса) покрытые тенью лунные скалы.

Вернемся к космическому кораблю и кабине космонавта. Эта кабина по существу должна представлять собой маленький кусочек родной Земли. Именно здесь надо обеспечить земной комфорт, в частности, уберечь космонавта от температурных крайностей, даже когда внешняя оболочка корабля испытывает нестерпимый для человеческого организма жар или холод. Это достигается специальной системой терморегулирования.

Когда космический корабль движется в атмосфере, трение о воздух нагревает его внешнюю оболочку. Особенно резко происходит нагрев при стремительном спуске корабля из космоса на Землю. В этой ситуации корабль мало чем отличается от метеорита и, конечно, взаимодействие корабля и атмосферы не сводится к простому трению. Здесь вполне применимы выводы метеорной астрофизики, но физическая суть явления вполне понятна — молекулы воздуха, бомбардирующие оболочку корабля, нагревают ее до температуры солнечной поверхности ( $6000^{\circ}\text{C}$ ), а то и гораздо выше, между тем как в кабине космонавта должно быть умеренно тепло. Как ведет себя при этом оболочка корабля, об этом подробно рассказана в следующей главе.

Сейчас же ограничимся замечанием, что любой спускаемый аппарат (в частности, кабина корабля «Восток») снабжается теплозащитным слоем из материалов, сочетающих в себе высокую температуростойкость и малую теплопроводность.

Во время свободного полета вне земной атмосферы космический корабль нагревается солнечными лучами (вот где действует лучистый перенос!). Но как и на Луне, в межпланетном безвоздушном пространстве температурные контрасты очень велики. Повернутая к Солнцу сторона корабля нагревается очень сильно, тогда как его теневая сторона скована холодом мирового пространства. А в кабине и в этом случае должно быть не жарко и не холодно.

К сожалению, поддерживать в кабине нужный температурный режим сильно мешает невесомость. Конвекция — это перемешивание воздуха: холодные, «тяжелые» его слои опускаются вниз, а их место занимают слои, более легкие и теплые. Там, где нет веса, нет «тяжелого» и «легкого» воздуха, а, стало быть, нет конвекции. По этой причине система терморегулирования обес-

печивает принудительную и, конечно, управляемую циркуляцию воздуха в кабине и в различных отсеках корабля. Этим достигается некоторое сглаживание температур.

В кабине космонавта температура воздуха должна поддерживаться в пределах примерно от 15 до 22 градусов Цельсия. Для этого требуется тепловое равновесие, т. е. получаемое извне количество тепла должно быть равно тому количеству тепла, которое сам корабль излучает в окружающее его пространство. Система терморегулирования современных космических кораблей очень сложна. Она включает в себя чувствительные элементы, измеряющие температуру в разных точках корабля, электронные блоки, вырабатывающие управляющие сигналы, жидкостный контур, переносящий тепло от его источников к наружной поверхности, и многое другое. Однако принцип действия отдельных элементов системы очень прост. Более того — в нем можно усмотреть иногда использование всем понятного житейского опыта.

Летом мы надеваем светлые костюмы, потому что темные ткани поглощают черезсур много солнечного света и тепла, в них жарко. Вспомните, как блестят поверхности КА (демонстрируемые на ВДНХ и в других местах) — этим отчасти предупреждается их чрезмерный нагрев. А кроме того, оболочку космического корабля подвергают специальной обработке для придания ей нужных оптических качеств; она должна интенсивно излучать внутреннее тепло и слабо поглощать солнечные лучи.

Если нам жарко, мы распахиваем пальто или пиджак, предоставляя теплу рассеяться в окружающее пространство. В космических кораблях есть специальные жалюзи с приводами. Когда кораблю «жарко», их «распахивают», открывая излучающую радиационную поверхность. В противном случае жалюзи прикрыты и тем самым сохраняют тепло.

Нетрудно усмотреть аналогию между системой принудительной циркуляции воздуха в кабине и обычным вентилятором. И тут и там — принудительная конвекция.

Когда, искупавшись в жаркую погоду, мы выходим на берег, нас охватывает приятное ощущение прохлады. Испаряющаяся с поверхности тела влага отнимает у нас из-

быточное, лишнее тепло. На том же принципе действуют всевозможные специальные испарители системы терморегулирования.

Можно было бы продолжить эти аналогии, но настежь другие темы. Подчеркнем в заключение лишь самое главное. Системы терморегулирования космических кораблей обеспечивают высокую стабильность температуры в кабине корабля и в его отсеках. В борьбе с температурными крайностями космоса человек вышел победителем.

## Невидимые нити

Покинув Землю, космонавт остается «привязанным» к ней. Нет, не только узами тяготения, избавиться от которых нигде не удастся. Речь идет о других «нитях», крайне важных, порвав которые космонавт очутился бы в весьма затруднительном положении. Эти «нити» — радиосвязь «Земля — Космос — Земля».

Написаны, пишутся и увидят свет в будущем книги, брошюры, статьи о космической радиосвязи, о радиооборудовании космических кораблей, о самых разнообразных применениях радио (разве их перечислишь!) в современной космонавтике. Да что там книги, когда миллионы телезрителей видят на экранах кабину космического корабля, работающего в ней космонавта, слышат его голос, радиоразговор. И все это так «весомо, зrimо», что порой создается иллюзия, будто сам через иллюминатор космического корабля смотришь на Землю и звезды. Без радио не было бы и космонавтики (как, впрочем, ее не могло быть и без всей современной техники). Но роль радио особенная, очень важная. Здесь мы ограничимся очень кратким пояснением лишь двух понятий — «радиоуправление космическим полетом» и «передача телеметрических данных» из кабины космического корабля на Землю.

Когда космический летательный аппарат движется в космосе, за его полетом следят множество «радиоглаз» — огромных параболических антенн земных станций слежения. Каждая такая станция — это сложный радиотехнический приемо-передающий комплекс аппаратуры, поддерживающий радиосвязь с КА (в частности,

с космическим кораблем). Станции слежения измеряют траекторию полета КА, передают радиокоманды с Земли, принимают ответные радиосигналы с борта КА. Они связаны с координационно-вычислительным центром, этим штабом космического полета. Здесь обрабатывается информация, полученная с КА, и обеспечивается управление полетом, неукоснительное выполнение намеченной программы.

Покажем на конкретном примере, как радиотехника позволит найти адрес корабля в космосе, его координаты, а также определить режим полета по намеченней траектории.

Когда стоишь на платформе, а мимо проносится скользящий поезд с непрерывно ревущим гудком, легко подметить любопытное явление: как только этот гудок проскочил мимо нас, он сразу сбавил «тон» на более низкий. Это явление, вероятно, хорошо знакомое читателю, объясняется так называемым эффектом Допплера. Если источник звука приближается к слушателю, скорость звука и скорость движения источника складываются. В результате в ухо слушателя в единицу времени попадает большее число звуковых волн по сравнению с тем случаем, когда источник звука остается неподвижным. Иначе говоря, возрастает частота колебаний, возрастает высота звука.

При удалении источника наблюдается обратная картина — звук становится более низким.

Эффект Допплера проявляется не только для звуковых, но и для всех электромагнитных волн. Астрономам хорошо знакомо явление, когда быстро приближающаяся к Земле звезда «синеет», а удаляющаяся, наоборот, «краснеет». Точнее, в спектрах этих звезд линии смещаются соответственно или к фиолетовому или к красному концу спектра, причем смещаются тем заметнее, чем больше скорость звезды в мировом пространстве относительно Земли.

Теперь представьте себе летящий в Космосе космический корабль, бортовой передатчик которого посыпает на Землю радиосигналы. Допустим, что длина волны, на которой работает передатчик, равна  $\lambda$ . На земной же станции слежения из-за действия эффекта Допплера придется настроиться не на эту волну  $\lambda$ , а на другую, отли-

чающуюся от нее на величину  $\Delta\lambda$ , которая определяется формулой

$$\Delta\lambda = \lambda \frac{v}{c},$$

где  $v$  — скорость космического корабля относительно Земли, а  $c$  — скорость света (и радиоволн). Нетрудно сообразить, что при удалении корабля от Земли значение  $\Delta\lambda$  положительно, т. е. длина волны принятых радиосигналов больше, чем длина волны посланных, при приближении корабля — наоборот.

Когда меняется длина волны, меняется и частота принимаемых радиоволн. По допплеровскому сдвигу частот можно судить о скорости корабля, правда, не полной скорости, а ее проекции на прямую, соединяющую корабль с земной станцией слежения. Есть, однако, средства, позволяющие найти и полную скорость.

Орбиту корабля также можно получить по радионаблюдениям. Вот идея метода.

Пусть  $A_1$  и  $A_2$  — две наземные станции слежения, достаточно далекие друг от друга (рис. 26). Расстояние от них до космического корабля неодинаково, а значит радиоволнам, посланным бортовым передатчиком, придется проделать разный путь, прежде чем их уловят антенны станций  $A_1$  и  $A_2$ . Но проделав разный путь, они придут в разной фазе.

Например, в тот момент, когда антenna станции  $A_1$  поймала «горб» радиоволны, в antennу станции  $A_2$  пришла «впадина» другой волны. Заметим, что с бортового радиопередатчика все радиоволны посыпаются в одной фазе, и если получился «разнобой», то только из-за разного пути, пройденного радиоволнами.



Рис. 26. Определение орбиты корабля по радионаблюдениям

Величина отрезка  $A_2P$  зависит от угла  $\alpha$ . В свою очередь от длины отрезка  $A_2P$  зависит, в какой разности фаз придут на станции  $A_1$  и  $A_2$  радиоволны. Существует аппаратура, измеряющая разность фаз. Но по этой разности фаз, зная расстояние между станциями  $A_1$  и  $A_2$ , можно найти угол  $\alpha$ , т. е. в конечном счете определить направление на корабль. Три же направления, полученные для трех моментов времени, совершенно однозначно определяют орбиту корабля.

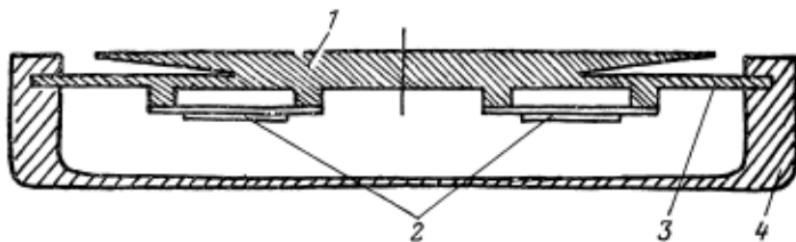


Рис. 27 Схема баллистического пьезодатчика:  
1 — массивная плита; 2 — пьезоэлементы; 3 — пружина; 4 — корпус

Теперь несколько слов о телеметрии. Если «телевидение» в буквальном переводе означает «видение на расстоянии», то «телеметрия» — это «измерение на расстоянии». Необходимость в телеметрии очевидна — и первые разведчики Космоса, искусственные спутники Земли, и массивные космические корабли, бороздящие ныне околосземное космическое пространство, — это прежде всего сборщики информации о Космосе.

Но не только о нем — управление полетом немыслимо без знания того, что происходит на борту КА и, особенно, каково состояние космонавтов и других живых существ, заброшенных в Космос. Вот тут и приходит на помощь телеметрия — сложные и чрезвычайно разнообразные средства измерения на расстоянии.

Основа телеметрии — датчики всевозможных конструкций и назначений. У них у всех есть нечто общее: в сущности, любой датчик — это чувствительный прибор, возбуждаемый энергией какого-нибудь вида и переводящий эту энергию в электрическую.

Скажем, в баллистическом пьезодатчике (рис. 27) массивная плита подвешена на плоской пружине, на которой укреплены несколько кристаллов из фосфата ам-

мония, так называемых пьезоэлементов. Когда метеорная частица ударяется о плиту, последняя чуть-чуть смещается, а чувствительные пьезоэлементы на это тотчас реагируют — они преобразуют механическое сжатие и растяжение (плита на пружине колеблется от удара!) в кратковременный затухающий электрический ток. Этот ток, довольно сложным путем пройдя немало приборов, в конечном счете преобразуется в радиоволны, которые летят к Земле, чтобы сообщить на станцию слежения о столкновении КА с метеорной частицей.

Между прочим, такие датчики очень чувствительны. Они регистрируют удары космических частиц весом всего в миллиардные доли грамма!

Биотоки сердца, мышц, мозга, кожные потенциалы не требуют каких-либо специальных датчиков, выдающих «на выходе» электрический ток. Тут сам организм вырабатывает эти токи, и для их записи достаточно применить специальные соответствующие электроды. «Специальные» — это, в частности, значит такие, которые не мешают работе космонавта, не раздражают его, создавая неприятное ощущение неудобства.

Ну, а, скажем, для регистрации колебаний грудной клетки космонавта удобно применять пьезодатчики, которые (как и при ударах метеорных тел) переводят механические движения в электрический ток.

Тема о применении радио в космонавтике поистине беспредельна. И она расширяется с каждым годом, потому что одна из главных задач космонавтики — как можно прочнее связать «радионитями» космонавта с Землей. Мы лишь чуть-чуть пояснили здесь, как и зачем это делается. Подробности читатель найдет во многих книгах \*.

## Солнце дает ток

На борту космического корабля находится разнообразная аппаратура, питаемая электрическим током (радиоприемники и передатчики, система освещения и т.п.).

\* Очень содержательна и в то же время достаточно доступна книга Г. Кресснера и др. «Введение в системы космической связи», изд-во «Связь», 1967.

В полете всю эту аппаратуру нельзя как-либо «подключить» к земным источникам электрического тока — надо иметь эти источники тут же при себе, на корабле, и, конечно, они должны обладать минимальным весом.

Мы уже упоминали об атомных батареях. Им, вероятно, предстоит большое будущее. Пока же на практике проверены и вполне оправдали себя солнечные батареи.

Рассмотрим элемент такой батареи (рис. 28). Он со-

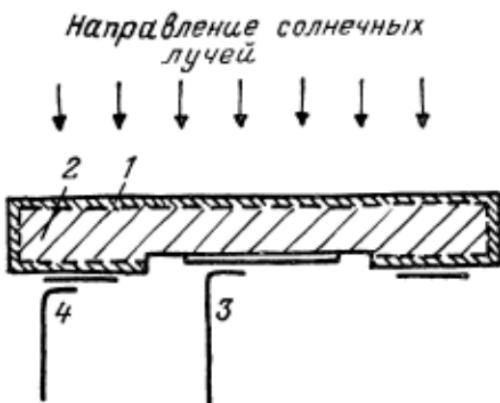


Рис. 28. Элемент солнечной батареи:

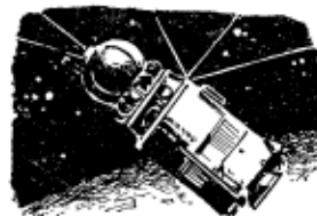
1, 2 — слои кремния разных типов; 3, 4 — электроды

тоит из кристаллического кремния двух типов (1 и 2) с разным механизмом электропроводности. К каждому из них подведен отдельный электрод (3 и 4). Когда элемент освещается солнечными лучами, между двумя слоями кремния возникает разность потенциалов и элемент дает ток.

Напряжение от каждого элемента невелико — около 0,5 вольта. Соединив же много элементов, можно получить неплохую бортовую электростанцию. Современные солнечные кремниевые батареи при к. п. д. около 10 процентов с каждого квадратного метра поверхности батареи дают электроэнергию мощности до 100 ватт. Срок службы солнечных батарей может быть очень длительным: основной источник энергии — Солнце — практически неисчерпаем, а повреждения батарей наступают, как правило, лишь в результате очень медленной метеорной эрозии — разрушения их мельчайшими космическими пылинками. Выигрыш же в весе в сравнении с химиче-

скими источниками тока весьма велик. Например, солнечная батарея площадью 1,5 кв. метра, развивающая мощность в 100 ватт, при полугодовом использовании равнозначна химическим батареям и аккумуляторам весом 4—5 тонн!

Космонавтика заставила по-новому оценить роль солнечных источников тока. Возможно, что скромные бортовые солнечные электростанции — лишь прообраз будущих грандиозных солнечных установок, в которых лучистая энергия Солнца будет преобразовываться в электрический ток.



## Перед стартом

Хотя судя по всему, человечеству предстоит расселение в Космосе, надо признать, что человеческий организм сам по себе к этому мало пригоден. Мы — дети Земли, высший продукт эволюции земного органического мира и, естественно, по этой причине носим в себе все признаки земного существа. Нам нужен земной комфорт — воздух, подходящая температура, определенный радиационный режим, пища и многое другое, без чего существование наше просто немыслимо. Перегрузки, невесомость, облучение смертоносной радиацией, не говоря уже о других опасностях, подживающих нас уже на пороге Космоса,



способны, казалось бы, отбить всякую охоту к его освоению.

«В общем, когда был «создан» Адам — иронически замечает один из видных деятелей космической биологии\* — на его спине нужно было написать: не кантовать, не трясти, осторожно и т. д.»

И вот вопреки всем этим очевидным истинам человек стремится в Космос наперекор всему. В этом безудержном стремлении к овладению все большим пространством, все большими запасами вещества и энергии есть нечто, характерное для любых форм живой материи. Жизнь всегда стремится отвоевать у косной, мертвотой материи как можно больше места и вещества. Но у человека эта экспансия принимает особые, специфические формы. Она осуществляется средствами науки и техники. Так было в прошлом, так будет и впредь.

В этой главе мы расскажем о том, что предшествует старту космических кораблей, как готовятся к полету космонавты, какие трудности и опасности их ожидают и на чем основана наша уверенность в возможности их преодоления и предупреждения. Короче говоря, речь пойдет о некоторых вопросах космической биологии и космической медицины. Если очень обще сформулировать главнейшую из задач этих наук, то, пожалуй, такой задачей будет создание для человека во время космического полета и в Космосе необходимого комфорта. Они, эти науки, помогают земному существу стать гражданином Космоса.

## **Сколько может весить человек**

Вес тела, как известно, равен произведению массы тела на его ускорение. Если тело поконится на поверхности Земли, его ускорение равно  $g$  ( $9,8 \text{ м/сек}^2$ ) — ускорению силы тяжести. При взлете космической ракеты ее ускорение должно превосходить  $g$  — иначе она просто не взлетит. Следовательно, возникает перегрузка — сама ракета и все тела внутри нее, включая космонавтов, значительно увеличиваются в весе. Какую перегрузку способ-

---

\* В. И. Яздовский, Биология и Космос, изд-во «Знание», 1964.

ны преодолеть космонавты и не будет ли она слишком малой для взлета ракеты?

Надо заметить, что разгонять ракету постепенно с очень малой перегрузкой нельзя — расход топлива становится чрезмерным, к. п. д. двигателя стремится к нулю, в итоге ракета остается на Земле. Практически стремятся как можно быстрее преодолеть гравитационные оковы нашей планеты. Но тогда неизбежен стремительный взлет и большие перегрузки.

В земной обстановке создавать перегрузки можно по-разному. Одно из самых распространенных устройств, предназначенных для этой цели — знаменитая центрифуга. Чем быстрее вращается эта своеобразная карусель, тем больше развиваемое ею центробежное ускорение, тем значительнее возникающие внутри центрифуги перегрузки.

Давно уже стало ясным, что в отношении стойкости к перегрузкам среди обитателей Земли человек далеко не рекордсмен. Еще Циолковский установил, что тараканы легко переносят 300-кратное увеличение собственного веса. В некоторых опытах собаки становились тяжелее обычного в 80 раз и, несмотря на это, сохранили жизнеспособность. Даже цыплята, эти нежные хрупкие существа, и то переносят десятикратные перегрузки. А человек?

Вопрос, так поставленный, не совсем точен, или, как иногда говорят, некорректен. Стойкость к перегрузкам зависит от многих факторов. Вообще говоря, справедлив некий закон или, скорее, правило — чем меньше по размерам существо, тем более стойко оно к перегрузкам. Но для одного и того же организма выносливость, оказывается, зависит от продолжительности перегрузки и направления действующих сил. Чем продолжительнее перегрузка, тем менее стоек к ней организм — это вполне понятно, так как нарушения, вызываемые перегрузкой, со временем накапливаются, суммируются и их, так сказать, «вредоносность» возрастает.

Зависимость от направления действующих на организм сил также достаточно очевидна. Люди полные, тяжело носящие собственное тело, стремятся уменьшить неприятные ощущения очень простым приемом — они ложатся на тахту или кровать. Вес их при этом, разумеется, не изменился, но вместо продольной нагрузки (вдоль

тела) стала действовать нагрузка поперечная (поперек тела). А к таким нагрузкам человек гораздо более стоек, чем к нагрузкам продольным.

Да и продольные нагрузки неодинаковы — при направлении сил от головы к ногам они переносятся легче, чем при противоположном действии сил. В частности, по этим причинам стоять на голове труднее, чем на ногах. Об ощущениях, связанных с резким возрастанием веса при пикирующих полетах, образно рассказал американский летчик-испытатель Джимми Коллинз:

«Центробежная сила — огромное невидимое чудовище — вдавливала мою голову в плечи и так прижимала меня к сидению, что мой позвоночник сгибался и я стонал под этой тяжестью. Кровь отлила от головы, в глазах темнело... Я был слеп, как летучая мышь... Я посмотрел туда, где должна быть Земля. Спустя немного она начала показываться, словно из утреннего тумана... Я чувствовал себя так, как будто меня избили. Я чуть не падал от усталости и чувствовал острую стреляющую боль в груди. Спина у меня болела и вечером из носа шла кровь»...

К этому можно добавить, что значительно возросший вес вызывает вредные изменения внутри организма. Из утяжеленных, сдавленных внутренних органов в головной мозг поступают необычные нервные импульсы. Из-за них сообразительность и внимание снижаются, движения становятся некоординированными, космонавту становится все хуже и хуже и в какой-то момент наступает гибель.

Если вы молоды и здоровы, проделайте нехитрый эксперимент — повисните на турнике вниз головой. Перегрузка здесь однократная, в сущности, ее нет, действует обычная сила тяжести. Но и она очень скоро вызовет у нас неприятные ощущения, лишь в слабой мере похожие на те, которые приходится переживать космонавту.

При трехкратной перегрузке в таком положении продолжительность ее действия не должна превышать 5—6 сек. Пятикратная продольная нагрузка в направлении от ног к голове вызывает быструю потерю сознания. Такая же перегрузка, но в противоположном направлении может безболезненно длиться 20—25 сек. Что же касается поперечных перегрузок, то даже 10-кратное уве-

личение собственного веса человек может безболезненно переносить в течение 2 мин.

Срок, казалось бы, пустяковый — что такое в нашей земной обстановке несколько минут? Но именно за этот и даже несколько меньший срок ракета-носитель успевает вывести космический корабль на заданную орбиту. Отсюда вывод — при выходе на орбиту космонавт должен «лежать», т. е. сохранить такую ориентацию, при которой возникающие перегрузки все время остаются поперечными. Практически это достигается особым устройством кресла космонавта — оно всегда само занимает нужное положение. Тут есть некоторое сходство с детской игрушкой «Ванька-встанька» — как ее ни бросай, она всегда занимает в конце-концов «оптимальное» положение — головой вверх.

Десятикратная перегрузка — это все-таки не предел возможностей человека. При прыжках в воду с вышки иногда спортсмен переносит 12-кратное увеличение веса, правда, очень кратковременно. Но если космонавта при взлете поместить в жидкость, его сопротивляемость к длительным перегрузкам значительно возрастет. Эта интересная идея принадлежит Циолковскому. Он же иллюстрировал ее простым опытом. В стакан с водой помещалось яйцо, в воде растворялась обычная поваренная соль. Когда концентрация раствора становилась достаточно высокой (по плотности, равной средней плотности яйца), яйцо всплыло и оставалось во взвешенном внутри жидкости состоянии.

Стакан выпускают из рук, он падает на пол, разбивается вдребезги, а яйцо... сохраняется целым и невредимым! Раствор амортизировал удар, предохранил яйцо от вредных перегрузок — не назидателен ли этот пример для космонавтов?

Опыт Циолковского повторялся в усовершенствованных формах много раз. Результаты получились замечательные. Погруженные в воду белые мыши переносили в течение 1 мин перегрузки, в 1300 раз превосходящие их вес. Когда таких же мышей погружали предварительно в наркоз, то в сочетании с водной амортизацией удалось увеличить перегрузки до 2300.

С помощью специальных капсул проводили подобные эксперименты и с людьми. Сегодняшний рекорд — 32,5

в течение 20—25 сек. Получается, что человек, весящий 80 кг, в этом опыте становился почти таким же тяжелым, как грузовик!

Контейнеры с жидкостью при космических полетах пока не применялись — слишком громоздки и сложны устройства, создающие водную защиту. Да и космонавт, «утонув» в капсуле, теряет возможность эффективно наблюдать за полетом и управлять кораблем.

Это не значит, что защитные гидросистемы никогда не войдут в практику космонавтики. Но сегодня ищут и другие пути решения проблемы, в частности, такие «лекарства», такие фармакологические средства, прием которых облегчит космонавту его неизбежное «утяжеление». И поиски эти небезуспешны.

## **В роли снаряда**

Вряд ли Жюль Верн не понимал, что его проект путешествия на Луну нереален. Как бы ни длинен был ствол знаменитой «колумбиады», снаряд, ею выбрасываемый, получал колossalное, непереносимое для человека ускорение — 64 000 g! При такой ситуации куда ни поместить путешественников — внутрь снаряда или прямо перед жерлом пушки — результат при выстреле получится одинаковым. Тут уж не помогут никакие амортизационные средства — путешествие закончится так и не начавшись.

И все-таки стрелять человеком можно, а иногда и просто должно. Может так случиться, что космонавту в аварийной обстановке придется покидать корабль, скажем, на старте или при взлете. Тогда срабатывает катапультирующее устройство и человек буквально «выстреливается» из корабля вместе с креслом. А иногда понадобится «отстрел» (есть такой термин) всей кабины космического корабля от ракеты-носителя. В этих случаях космонавту приходится переживать ударные перегрузки. Длятся они какие-нибудь доли секунды, но возникающие при этом ускорения очень значительны.

Мыслимы и другие обстоятельства, при которых на космонавта действуют ударные перегрузки — например, при неблагоприятных условиях посадки, скажем, на скальный грунт, когда ускорения возрастают в десятки

раз. Словом, перед стартом необходимо выяснить, насколько стоек человек к ударным перегрузкам.

Проверка ведется с помощью иногда довольно хитрых «стреляющих» устройств — специальных катапульт и ударных стендов. Это, конечно, не жюль-верновская «колумбиада», но тоже нечто стреляющее и перегрузки при этом могут быть весьма большими.

Познакомьтесь с некоторыми из стреляющих устройств, например вертикальной катапультой. Когда срабатывает стреляющий механизм, каретка вместе с креслом стремительно взлетает вверх, где ее ждет тормозящее устройство. Длина этого сооружения 20—30 м, а иногда и более. Взлет продолжается 0,15—0,25 сек и при этом развиваются перегрузки до 30 g.

Бывают и горизонтальные рельсовые катапульты. Длина рельсов, по которым несется выстроенная в горизонтальном направлении тележка, нередко достигает сотен метров. Кресло на тележке может быть установлено под любым углом к вертикали, что облегчает исследование.

Ракетные тележки на рельсовом пути — самые крупные из испытательных ударных стендов. Длина рельсового пути иногда доходит до 10 км, а по рельсам летит (здесь это слово вполне подходит) тяжелая тележка, снабженная несколькими мощными реактивными двигателями. Кроме катапультных кресел и кабин, на тележке устанавливаются даже отдельные натуральные части самолетов и ракет. Тележка разгоняется с ускорением до 10 g и набирает скорость до 3000 км/час, а затем тормозится с помощью специальных устройств. На этом стенде, кроме исследования ударных перегрузок, испытываются аэродинамические качества самолетов и ракет, защитные и спасательные средства, парашютные системы. Можно еще упомянуть о падающих платформах, направляемых вертикальными опорами. На них исследуют перегрузки, возникающие при приземлении космонавта.

Что же показали эксперименты? Шимпанзе за одну-две десятые доли секунды переносили ударные перегрузки до 100 g. Черные медведи оказались менее стойкими — за 4,06 сек они смогли перенести перегрузки не более 79 g. Любопытно, что такой же рекорд показали и поросенка.

Человек менее стоек. В сидячем положении он выдерживает предельную ударную перегрузку до 23 g, действующую в направлении голова — таз, а действующую в противоположном направлении — только до 10 g. Ударные перегрузки, действующие в поперечном направлении, легче переносимы, и здесь рекорд человека несколько выше — до 35 g (в этих опытах продолжительность перегрузки была близка к 0,1 сек).

Заметим, что речь идет о таких рекордных перегрузках, при которых организм остается неповрежденным. Если же ставить вопрос иначе — при каких ударных нагрузках человек останется жив, то «рекорды», естественно, повысятся. Зарегистрированы, например, случаи падения людей с высоты нескольких десятков метров. Люди в большинстве случаев выживали, хотя им приходилось при ударе о Землю вынести перегрузку до 160 g!

Судя по данным иностранной печати, некоторые космические корабли в момент приземления имели скорость в несколько метров в секунду. При такой скорости посадки возникающие перегрузки космонавт может перенести. С другой стороны, мягкому приземлению помогают различные амортизационные средства — пневматические, гидравлические, механические. На примере кораблей «Союз» видно, что средства советской техники могут обеспечить совершенно мягкую посадку.

Кстати сказать, эти средства знакомы нам по земной практике. Надутый резиновый матрац или подушка — вот вам пневматический амортизатор. Каждому автомобилисту известны гидравлические амортизаторы, на которых укрепляется кузов автомашины — без них на плохих дорогах было бы очень тряско. Наконец, простейший механический амортизатор — обыкновенная пружина, непременная принадлежность каждого дивана.

Конечно, космические амортизаторы при тех же принципах действия имеют внешне иной вид. Например, для мягкой посадки американской космической капсулы «Меркурий» применялись воздушные подушки из стекловолокна. Механическим же амортизатором служила алюминиевая сотовая, сравнительно легко деформирующаяся конструкция. Пожалуй, и в этом случае можно найти земной аналог — вспомните, как упаковывается хрупкая посуда, когда свободные промежутки прокладываются смятой бумагой.

Человек также, увы, очень хрупок, и без забот о сохранности его легко деформируемой конструкции немыслимы полеты в Космос.

## **Легко ли быть невесомым?**

После нескольких минут тягостных ощущений, когда космонавт почти «разламывается» под тяжестью собственного тела, сразу, без всяких переходов резко меняются ощущения. Ракета-носитель, выполнив свою задачу, вывела корабль на расчетную орбиту. Замолкли двигатели, исчезло дрожание, вибрация корабля, начался свободный полет и перегрузки сменились полной невесомостью.

Задолго до первых космических полетов многие пытались представить себе, что будет ощущать космонавт, потеряв свой вес. В какой-то мере кратковременную полную или частичную потерю веса приходилось испытывать каждому. При прыжках с вышки потеря веса (во время полета) сменяется ударной перегрузкой (при входлении в воду). И в этом случае, и когда скатываешься с крутой горки, или резко опускаешься в лифте, помните, — «дух захватывает». Это ощущение, по крайней мере в первые моменты, — обязательный спутник частичной или полной невесомости. Если же невесомость длится не доли секунды, а часы, сутки, недели — что тогда будет чувствовать человек? Вредна или, наоборот, полезна длительная невесомость?

В земной обстановке достичь невесомости в течение более или менее продолжительного времени очень трудно. Использовать для этого вертикальное падение можно, но продолжительность опыта, естественно, очень невелика. Этот метод, однако, применялся и применяется. Представим себе схему одной из современных башен невесомости. На тросе, соединенном с лебедкой, укрепляется «капсула невесомости». Внутри нее — кинокамера, испытательный контейнер, механизм сбрасывания, а внизу капсулы — поглотитель удара. Во время эксперимента капсула падает 2,2 сек, развивая при торможении перегрузку в 22 g. Всего две с небольшим секунды длится эксперимент, но его можно много раз повторить и кинокамера документально фиксирует, что именно происходит в контейнере.

Для человека и животных капсула маловата. Но зато в башне невесомости можно изучать, например, поведение жидкостей в состоянии невесомости. Это очень важно для проектирования систем подачи жидкого топлива, систем смазки, теплообменников, насосов, т. е. жизненно важных систем и агрегатов космического летательного аппарата.

Человек может стать невесомым в самолете, когда летчик ведет самолет по так называемой «параболе невесомости» (рис. 29). Представьте себе, что в небольшой ящик вы посадили мышей и бросили ящик под углом 45 градусов к горизонту. В этом свободном полете, со-

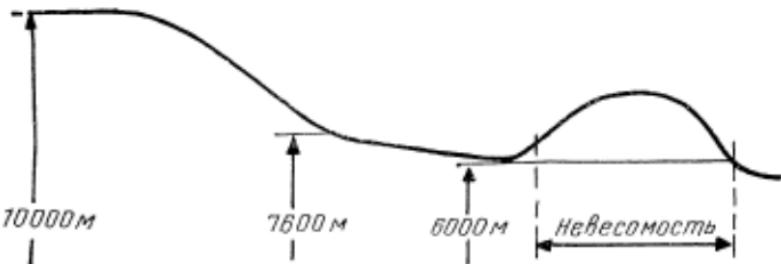


Рис. 29. Схема полета по параболе невесомости — «Кеплеровой горке»

вершаемом по параболе, мыши и ящик получают одинаковые ускорения, и потому на короткое время мыши становятся невесомыми. Почти то же происходит и в самолете.

Разгоняя предварительно самолет, летчик затем в нижней точке траектории как бы бросает машину под некоторым углом к горизонту. Если соблюдать нужный режим полета, на короткое время (до полутора минут) наступает невесомость.

Полторы минуты — не две секунды. За это время можно многое испытать, и до сих пор полеты по «параболам невесомости» продолжают оставаться лучшим экспериментом в этой области. Еще длительнее невесомость при полетах баллистических ракет — до нескольких десятков минут. Наконец, во время уже совершенных орбитальных полетов невесомость длилась от полутора часов (у Юрия Гагарина) до многих суток.

Во всех этих случаях достигалась динамическая невесомость, т. е. потеря давления на опору. Можно, од-

нако, попробовать приближенно имитировать невесомость принципиально иным путем.

В огромный бак с водой помещают испытуемого (рис. 30). Он чувствует себя так же непринужденно и легко, как аквалангист. Полной потери веса тут, конечно, нет, некоторая тяжесть остается. Но для большего эффекта бак с испытуемым вращают вокруг горизонтальной оси, причем бак, вода и человек вращаются

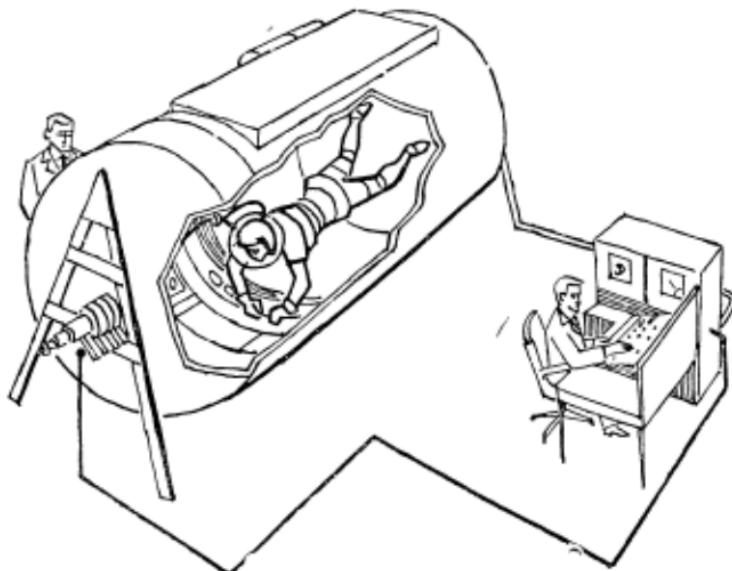


Рис. 30. Тренажер невесомости

с одинаковой скоростью. Благодаря этому ориентация к направлению силы тяжести утрачивается и создается некий суррогат невесомости.

Испытуемый одет в специальный костюм, снабженный шлангами для дыхания. Сведения о его состоянии с помощью датчиков сообщаются на пульт экспериментатора. Пока еще неясно, насколько приемлемо это устройство, но как вспомогательный тренажер оно, по-видимому, вполне пригодно.

Если подвести самые общие итоги экспериментам с невесомостью, можно выделить три группы людей. К первой из них относятся те, на которых невесомость практически никак не действует. Эти лица полностью сохраняют свою работоспособность, самочувствие их остается хорошим, а некоторые из них, потеряв вес, испытывают

даже приятные эмоции. «На протяжении всей своей жизни — пишет один из них — я фактически ни разу не испытывал такого чертовски приятного состояния». В общем, люди первой группы в отношении невесомости, как говорится, «созданы для Космоса». У представителей второй группы невесомость вызывает неприятные пространственные иллюзии. То им кажется, что они падают куда-то в бездну вниз головой, то у них возникает странное ощущение вращения. Сопровождаются эти иллюзии чувством беспокойства и какой-то неловкости, неудобства.

Такие люди «годны для Космоса», усилием воли и тренировкой они могут побороть в себе неприятные ощущения, но в отношении стойкости к невесомости первенство не за ними. Третья группа объединяет лиц, вряд ли пригодных для профессии космонавта. Невесомость вызывает у них сильнейшие приступы «морской болезни» (головокружение, тошноту), и для этих весьма неприятных переживаний сейчас даже придумано наименование — «космическая форма укачивания».

В будущем при межпланетных перелетах состояние невесомости может продолжаться месяцы, быть может, годы. Есть некоторые факты, заставляющие опасаться чрезмерно длительной невесомости, так как не исключено, что она может вызвать изменения в наследственном аппарате человека, в его системе кроветворения, короче говоря, нанести космонавтам непоправимый вред.

Выход — создание искусственной тяжести, что технически вполне осуществимо. Например, если торовидный ИСЗ поперечником 60 м вращать со скоростью 1 оборот за 11 сек, внутри него возникнет такая же тяжесть, как и на Земле. При скорости вращения 1 оборот в 35 сек она будет вдвадцати меньшей. Аналогично можно создать искусственный вес и на межпланетных кораблях.

Действия невесомого космонавта несколько облегчают ботинки с магнитными подошвами, магнитные пояса и т. п. Предлагаются для создания устойчивости космонавтов даже массивные волчки — гироскопы, снабженные небольшими электродвигателями.

Невесомость накладывает свой отпечаток не только на самочувствие космонавта и его действия, но и вообще на все явления в том маленьком мирке, который ограни-

чен стенами его кабины. Помните, как описывал парадоксы невесомости великий провидец Циолковский:

«Вода не льется из графина, маятник не качается и висит боком... Двухколенный сифон не переливает воду... Масло, вытряхнутое из бутылки..., принимает форму колеблющегося шара; через несколько минут колебание прекращается и мы имеем превосходной точности шар; разбиваем его на части — получаем группу из меньших шаров разной величины. Все это ползет в разные стороны, расползается по стенам и смачивает их...».

Мы, пожалуй, ограничимся этой красочной картинкой — желающие могут подробнее познакомиться с «чудесами» невесомости из многих книг. Стоит, пожалуй, лишь добавить, что всплытие и потопление тел в невесомости (как и конвекция) невозможны.

Словом, на каждом шагу — трудности, неприятности, осложнения, нисколько не компенсируемые приятными ощущениями в отдельных случаях и у некоторых людей. Невесомость — неизбежное зло, помеха, и быть невесомым вовсе не легко.

Важное замечание: потеря веса не означает потери массы. Инертность тел полностью сохранится и, скажем, столкновения космонавтов между собой или со стенками кабины будут не менее неприятными, болезненными, чем на Земле.

## **Когда кровь вскипает в жилах...**

Готовясь к космическому полету, следует предусмотреть не только то, что непременно будет, но и то, что может произойти. При старте и посадке неизбежны перегрузки, в свободном полете — невесомость. А вот пониженное барометрическое давление, кислородное голодаение, полная утечка искусственной атмосферы — все это явления ненормальные, но они могут произойти в случае какой-нибудь аварии. Несмотря на надежность оборудования современных космических кораблей, нельзя абсолютно исключать и такую аварийную ситуацию, при которой по каким-либо причинам «отказывает» система, создающая в кабине искусственную атмосферу. Как себя в этой обстановке поведет космонавт, что нужно сделать для сохранения его жизни и работоспособности — вот что необходимо непременно выяснить еще перед стартом.

Как и в предыдущих случаях, земной опыт может подсказать правильное решение.

При подъеме на большие высоты (5—6 км), где воздух становится разреженнее и парциальное давление\* кислорода постепенно снижается, наступает «высотная болезнь». Поначалу она выражается в признаках, скорее забавных, чем удручающих. Больные начинают беспричинно улыбаться, громко петь и вообще чувствовать себя на вершине блаженства. К сожалению, это «отличное» состояние духа вызвано физиологическими причинами («растормаживанием» деятельности коры больших полушарий головного мозга). И что самое, пожалуй, опасное — человек теряет способность трезво оценивать обстановку — весь мир он видит в розовом свете. Известен даже случай, когда во время второй мировой войны английский пилот, летевший на высоте 5000 м, встретив стрелявшего в него немецкого летчика, ласково помахал ему в ответ рукой. В дальнейшем наступает разрядка. Ничем неоправданное радостное возбуждение сменяется вялостью, сонливостью, полной апатии.

Причины всех этих явлений вполне объяснимы. Когда кислород проникает через стенки легочных капилляров в кровь, он соединяется с красящим веществом крови — гемоглобином. Образуется так называемый оксигемоглобин — химическое соединение, крайне нестойкое. В нормальной обстановке, когда парциальное давление кислорода близко к 100 мм рт. ст., до 97% гемоглобина вступает в соединение с кислородом. С уменьшением давления этот процент быстро падает и это «кислородное голодание» прежде всего оказывается на клетках центральной нервной системы. В конце концов недостаток кислорода ослабляет процесс возбуждения нервных клеток, снижает их работоспособность, начинаются судороги, потеря сознания и организм гибнет.

У космонавта, внезапно оказавшегося в состоянии кислородного голода, «резерв времени» для принятия срочных мер очень невелик. Если при разгерметизации кабины парциальное давление кислорода упадет до величины, соответствующей высоте 7500 м (в земных условиях), резерв времени не превышает 10 мин. Для высоты

\* Парциальным давлением называется та часть общего давления в газовой смеси, которая порождается данным газом.

10 000 м он равен 3 мин, а для высоты 15 000 м — всего 20 сек. Значит, за несколько минут, а то и секунд надо принять срочные меры к спасению жизни.

Не только недостаток кислорода вреден для организма. Не меньшими опасностями грозит космонавту снижение общего барометрического давления в кабине.

Мы с вами созданы для жизни при нормальном атмосферном давлении — 760 мм рт. ст., что равноценно примерно 1 кГ/см<sup>2</sup>. Таково же суммарное давление газов, растворенных в крови, лимфе или заполняющих легкие, желудок, кишечник и другие «полые» органы. Нетрудно предвидеть, что произойдет, если внешнее давление станет заметно меньше нормы.

Вспомните простой школьный опыт. Под колокол воздушного насоса помещают детский воздушный шарик, отверстие которого перевязано ниткой. Хотя шарик не надут, в нем содержится воздух при нормальном атмосферном давлении. Стоит вам начать откачивать воздух из-под колокола, как воздушный шарик сам начинает полнеть, всучиваться, распираемый изнутри заключенным в нем воздухом.

Подобно этому распухает и животное, когда внешнее давление значительно понижается. Повышение давления газов внутри легких может привести к повреждению легочной ткани, а те же явления в желудочно-кишечном тракте и суставах вызовут болезненные ощущения.

Причина понятна — избыток «внутреннего» газового давления над внешним. А если это последнее упадет до 47 мм рт. ст., соответствующая температура кипения воды опустится до 37° С. В такой ситуации у космонавта кровь буквально «закипит в жилах» и это приведет к резким, иногда непереносимым болям.

Был проделан такой опыт: руки испытуемого помещали в вакуум. Через непродолжительное время, как и следовало ожидать, вскипела кровь и кисти рук на глазах распухли. Стоило, однако, лишь надеть специальные перчатки, обеспечивающие давление в 50 мм рт. ст., как руки приняли нормальную форму. Вообще все это напоминает давно известные случаи, когда глубоководные рыбы, поднятые на поверхность океана, чудовищно распухают и гибнут.

Понижение барометрического давления, а тем более полный вакуум — грозная опасность для космонавтов.

Тем важнее выяснить все особенности этих явлений в специальных барокамерах (рис. 31).

Не надо думать, что барокамера — изобретение наших дней. Первые барокамеры были созданы еще в прошлом веке. Современная барокамера — это большая стальная коробка, герметически изолированная от внешней среды. Она снабжена шлюзом, иллюминаторами и разнообраз-

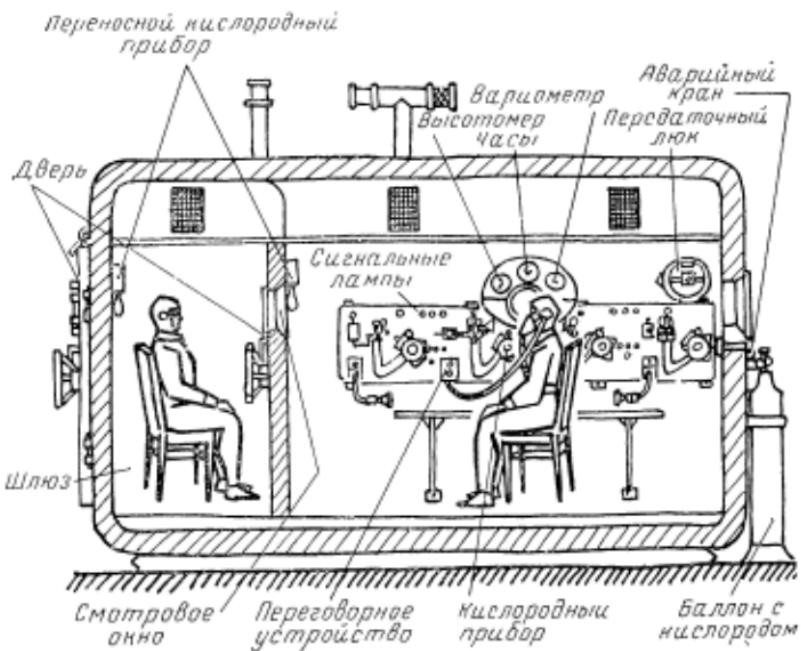
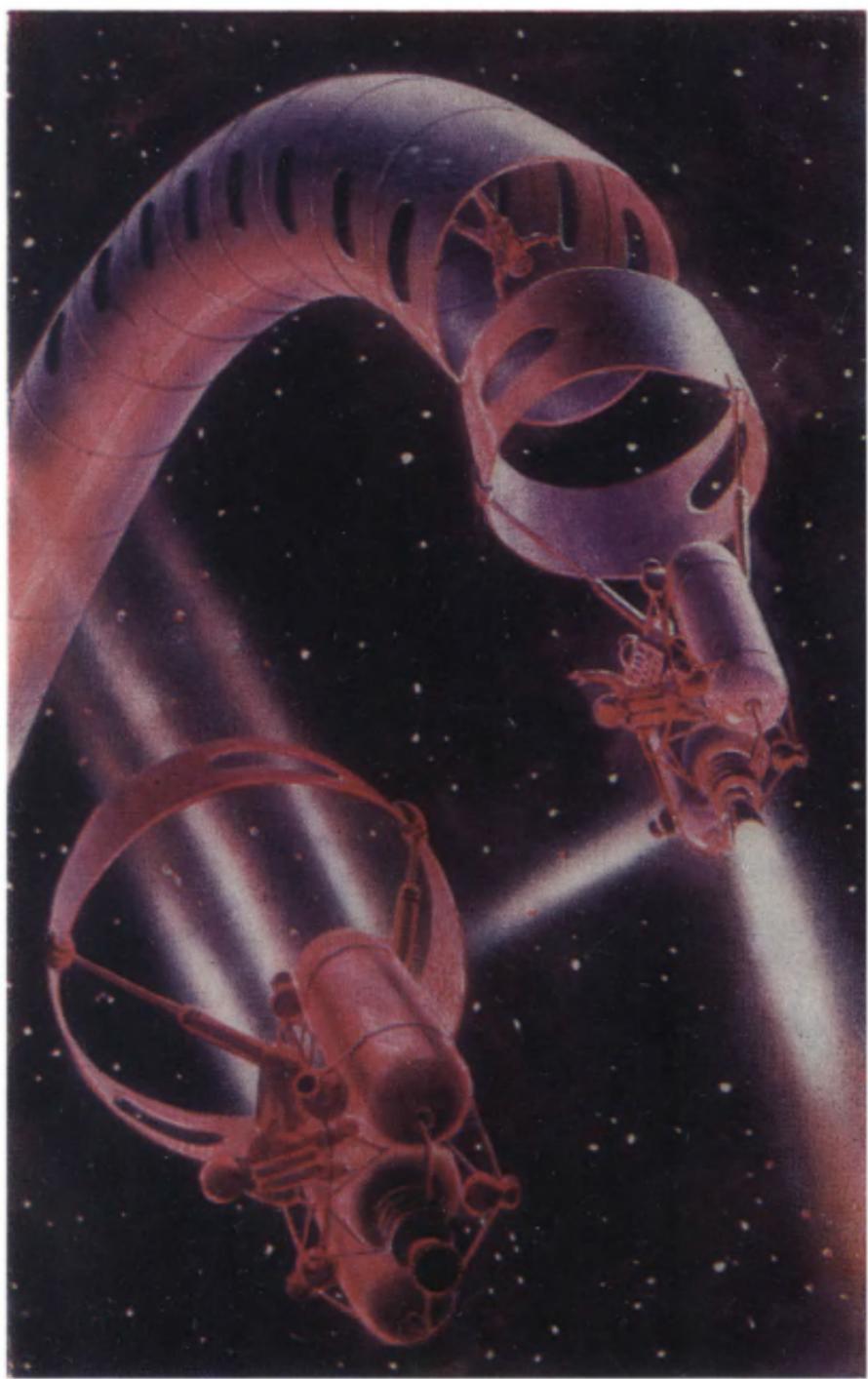


Рис 31 Принципиальная схема барокамеры

ной аппаратурой, позволяющей следить за состоянием испытуемого.

Система специальных насосов создает в барокамере любой режим. В ней можно «подняться» на вершину Эльбруса или Джомолунгмы (Эвереста), а если угодно, и очутиться в вакууме. Лучшие из современных барокамер создают разрежение до одной миллиардной миллиметра ртутного столба. Проектируются установки, где будет создан вакуум, еще в десятки раз более совершенный.

Барокамеры используют не только для изучения состояния космонавтов, но и для их тренировки. Многого



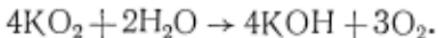
Сборка на орбите крупного искусственного спутника-лаборатории (рисунок художника А. Соколова)  
и космонавта А. Леонова

можно достичь, развивая скрытые способности человеческого организма. Непалец Тенсинг и новозеландец Хиллари на вершине высочайшей из земных гор снимали маски и дышали воздухом, в четверо менее плотным, чем у подножия горы. Но все же мало есть на свете вещей, которые были бы так же необходимы для нас, как воздух. И прав был Циолковский, говоря, что «самая, по-видимому, невозможная, нетерпимая вещь — отсутствие воздуха или атмосферы».

## Кусочек родной планеты

В старину, отправляясь надолго в дальние страны, путешественники иногда брали с собой горсть родной земли. Это была дань сентиментальности, вряд ли уместной в наши дни, когда воздушные лайнеры могут за считанные часы перенести пассажира с континента на континент. Но космические полеты заставили вернуться к давней традиции, правда, совсем в иных формах. В кабинах космических кораблей, бороздящих просторы Вселенной, создается в миниатюре (насколько это возможно) земная обстановка, земной комфорт. И этот, уносимый в Космос, «кусочек» родной Земли уже дань не сентиментальности, а необходимости.

Прежде всего космонавт должен дышать — и для него создается искусственная атмосфера. Задача эта решается далеко не просто. Надо обеспечить полную, абсолютную герметичность кабины. Любая утечка воздуха — безвозвратная потеря, так как полет совершается практически в вакууме. Значит, для космических кораблей годятся лишь герметические кабины регенерационного, или восстановительного типа. В таких кабинах кислород с помощью специальных регенерационных устройств восстанавливается из выдыхаемого космонавтом углекислого газа и паров воды. Происходит это за счет химических реакций с различными веществами, в частности, надперекисями щелочных металлов ( $KO_2$ ,  $NaO_2$ ,  $LiO_2$ ). Вот, например, как идет реакция восстановления кислорода из паров воды:



Сам регенератор представляет собой металлический контейнер, где главная роль отведена регенеративному

веществу, очистительным фильтрам и автоматическому устройству, обеспечивающему нужный состав, давление и температуру воздуха.

Создать земной климат в кабине нелегко. Когда корабль освещен солнцем, одна его часть сильно нагревается, а другая, наоборот, остается весьма холодной, так как при орбитальном полете космический корабль то облучается солнцем, то надолго заходит в земную тень. В этом случае внешние перепады температуры должны быть смягчены бортовой системой терморегулирования.

Особенно опасен перегрев при возвращении из Космоса, когда космический корабль, подобно метеориту, с огромной скоростью вторгается во все более плотные слои атмосферы. Сходство здесь не только формальное — даже при скорости в 1,5 км/сек воздух, обтекающий носовую часть корабля, нагревается до температуры 1000° С. В иллюминаторы при спуске космонавты наблюдали жуткое зрелище — мечущееся пламя. Несмотря на то, что внешние оболочки корабля горят, внутри корабля надо сохранить земной комфорт.

Не вникая в технические детали системы терморегулирования, отметим лишь некоторые принципы, на которых она может быть основана. Один из них состоит в том, что кабина снабжается двойными стенками, между которыми принудительно прогоняется газ. Изменяя скорость его циркуляции, можно регулировать теплоотдачу от внутренней стенки к наружной. Когда скорость циркуляции возрастает, теплообмен усиливается, при замедлении циркуляции, наоборот, ослабляется.

Второй принцип, предложенный еще Циолковским, — использование снаружи корабля специальных штор, жалюзи. Например, при перегреве их можно раскрыть, увеличив тем самым теплоотдачу.

Правда, на всякий случай, если система терморегулирования откажет (а это случалось при полетах американских космонавтов), экипаж корабля должен проявить максимальную «теплостойкость». Для этого в комплекс испытаний, предшествующих старту, включают и такое малоприятное занятие, как пребывание в термокамере. Те, кому по необходимости приходилось жариться в этих «душегубках», говорят, что парильня Сандуновских бань — райское, прохладное место.

Все-таки удивительна выносливость человека. Дока-

зано экспериментами, что в атмосфере, содержащей 30% влаги, человек может выдержать температуру кипения воды (100 градусов) в течение получаса, а температуру, вдвое большую (200 градусов!), — три минуты!

Но от таких крайностей космонавтов стараются уверить. О том, насколько это удается, читатель может судить по следующим данным об искусственной атмосфере корабля «Восток-3» во время его полета:

Общее давление . . . . .	755—775 мм рт. ст.
Содержание кислорода . . . . .	21—25%
Содержание углекислого газа . . . . .	0,35—0,50%
Относительная влажность . . . . .	51—57%
Температура в кабине . . . . .	от +26° С в начале полета до +13° С к концу

Ну чем это не «кусочек Земли»?

## Пища небожителей

Это старинное русское слово «небожители», обозначающее ангелов, архангелов и прочих сверхъестественных обитателей христианских «небес», в какой-то мере, пожалуй, применимо и к космонавтам. Ведь им приходится жить в Космосе, в «небе», но только в отличие от несуществующих фантастических «небожителей» космонавты должны не только жить, но и питаться или, точнее, питаться, чтобы жить.

Разводить сколь-либо значительную стряпню в кабине корабля просто невозможно. Попробуйте удержать невесомый суп в невесомой кастрюле. Но если даже пользоваться специальной посудой, то и тогда нагревание ее нарушит тепловой режим, появятся трудно устранимые запахи (форточку не откроешь!), искусственная атмосфера наполнится веществами, вредными для здоровья космонавтов. Если употреблять рассыпчатую пищу, то она немедленно распылится во рту, проникнет в дыхательные пути и хорошо, если дело кончится кашлем, а не воспалением легких.

Когда-нибудь в будущем на огромных внеземных космических станциях, где будет создана искусственная тяжесть, все эти трудности отпадут. А пока что надо все время помнить о невесомости, при которой твердая пища может легко «выпорхнуть» из рук, а жидкая или превраща-

титься в плывущую в воздухе каплю, или (под действием молекулярных сил) растечься тонкой пленкой.

Чтобы предотвратить эти скорее неприятные, чем забавные эффекты, пищу для космонавтов пришлось заключить в большие тюбики вроде тех, в которых продаётся в магазинах плавленый сыр. В тюбиках — полужидкая, пюреобразная питательная масса. А твердая пища расфасована по изящным целлофановым пакетикам, снабжённым красивыми этикетками, — кто не знает, что привлекательная упаковка стимулирует аппетит?

Рассчитан примерный суточный рацион космонавта. В него входят 110 г белков, 90 г жиров, 418 г углеводов, 22 г витаминов и минеральных веществ, 2,2 л воды. Все это вместе взятое обладает энергией в 3000 больших калорий.

Отнюдь небезразлично, в каком виде, в каких формах принимаются эти калории. Прием пищи не только физиологический, но и сложный психический процесс. Когда один зарубежный экспериментатор в длительном полете на воздушном шаре питался только сушеным мясом и виноградным соком, эта пища в конце концов вызвала у него отвращение. В следующий опытный полет он взял обычную земную пищу, которая была ему по душе.

Вы хотите знать, чем питались наши космонавты во время полета? Вот, например, меню для А. Г. Николаева и П. Р. Поповича: телятина жареная, куриное филе, язык говяжий, пюре мясное, пирожки с килькой, шаурой и кетовой икрой, вобла, апельсины, лимоны, яблоки, фруктовые соки, разные кондитерские изделия...

Чувствую, что у вас разыгрался аппетит. Как видите, меню совсем неплохое, годящееся и для ресторанов.

## **Костюм для прогулок в Космосе**

«Человек в футляре» —помните этого пугливого, замкнутого в себе чеховского героя? Психический облик этого человека мало приятен, но что касается до стремления прятаться в скорлупу, в некий физический футляр, то, пожалуй, в этом все мы повинны. Все мы и всегда, даже в привычной нам земной обстановке, предпочитаем укрываться в каком-нибудь «футляре». Разве этим тер-

мином нельзя назвать нашу одежду, дом, автомашину, поезд или самолет, в которых мы путешествуем?

Но если «футляр» столь необходим на Земле, если без прикрытия мы повсюду на Земле (кроме, пожалуй, пляжей) чувствуем себя совершенно беспомощными, то тем более немыслимы прогулки человека в Космосе без особого, сложного, спасающего жизнь «футляра». Этот «футляр», эта профессиональная одежда космонавта — космический скафандр (рис. 32).

Впервые человек облачился в скафандр задолго до выхода в Космос. Скафандры потребовались для штурма водных глубин и атмосферных высот. Опыт водолазов и летчиков, естественно, пригодился для космонавтики, но только космические костюмы оказались куда сложнее любых земных.

Космический скафандр,— в сущности, миниатюрная кабина космонавта. Скафандр должен обеспечить космонавта пригодной для дыхания атмосферой, нормальным тепловым режимом. Кроме того, скафандр должен обладать хорошей плавучестью (на случай приводнения космонавта), обеспечивать космонавту легкость движений, предохранять от ударов при посадке или катапультировании. Можно было бы к этому добавить и ряд других, не менее труда выполнимых требований.

Современные космические скафандры можно разделить на вентиляционные и регенерационные. В первых из них воздух для дыхания и вентиляции тела берется из кабины корабля и специальным вентилятором нагнетается в скафандр. Именно в таких скафандрах первые советские космонавты начали освоение Космоса. Казалось бы, в скафандрах не было нужды — ведь в кабинах кораблей «Восток» создавалась полноценная искусственная атмосфера. Но все-таки и Юрий Гагарин, и его последователи надевали скафандр — на всякий случай,



Рис. 32. Космический скафандр

точнее, на случай неожиданной разгерметизации кабины. Тогда, в аварийной обстановке, шлем космонавта автоматически закрывается передним стеклом и включается аварийная система жизнеобеспечения — воздух поступает от аварийных баллонов.

Вентиляционный скафандр через шланги физически связывает космонавта с системой жизнеобеспечения. Если ставится цель разорвать эту «пуповину», обеспечить космонавту полную автономность действий, надо воспользоваться скафандром регенерационного типа.

Такие скафандры обычно изображают на фантастических картинках, где космонавт разгуливает по лунной поверхности. Сам космический костюм напоминает водолазный скафандр, а за спиной в виде ранца укреплено регенерационное устройство.

В регенерационном скафандре отработанный воздух прогоняется через фильтр и химический поглотитель (углекислый газ успешно поглощается, например, гидрокислами щелочных металлов). Регенерация, т. е. восстановление израсходованного при дыхании кислорода, может достигаться двумя способами: или восполнением из запасов жидкого кислорода, хранимого в специальном баллоне, или за счет химических реакций, при которых некоторые вещества (например, перекисные и надперекисные соединения щелочных металлов), поглощая углекислоту, выделяют одновременно кислород. Излишнюю влагу удаляют или с помощью поверхностно-активных веществ, или конденсируя влагу на охлажденных поверхностях специального теплообменника.

Кстати, поддерживать нужную температуру скафандра очень трудно. Во время тяжелой физической работы человек выделяет в 5—6 раз больше тепла, чем в состоянии покоя. С другой стороны, после приема пищи температура тела также возрастает (примерно процентов на тридцать) — вспомните, как мы быстро согреваемся, уснув под одеялом после плотного обеда. Если бы в скафандре не было сложной системы терморегулирования, то космонавт просто бы погиб от теплового удара. Между прочим, в скафандрах советских космонавтов предусмотрено ручное регулирование температуры, так что каждый может создавать себе комфорт по своему вкусу.

Очень важно обеспечить полную герметичность скафандра. Этому помогают специальные прорезиненные

ткани. С их помощью герметичность достигается полная.

Казалось бы, внутри скафандра (если не пользоваться кислородной маской) надо создать газовое давление, близкое к нормальному. Но если так поступить, космонавт сделается похожим на надутый футбольный мяч — согнуть руки или ноги, а тем более ходить он не сможет. Внутри скафандров создается поэтому пониженное газовое давление, как правило, не меньшее 0,4 ат. При этом, естественно, надо позаботиться и о достаточной дозе кислорода (применяется и дыхание чистым, ни с чем не смешанным кислородом).

Современный скафандр напоминает слоеный пирог. Самая верхняя защитная его оболочка снабжается алюминизированным покрытием — чтобы отражать солнечные лучи и не допускать перегрева. Под ней идут силовая и герметизирующая оболочки. Затем — оболочка, играющая роль пальто,— она предохраняет космонавта от космических «морозов» и чрезмерного нагрева солнечными лучами. Еще ближе к телу — вентиляционная оболочка, состоящая из системы разветвленных найлоновых трубок; без нее нельзя было бы регулировать температуру внутри скафандра. Само тело космонавта покрывает найлоновый костюм и комбинезон из найлоновой ткани с плотно прилегающими манжетами. Словом — семь слоев, «семеро одежд», хотя и не без застежек!

Прибавьте к этому сложную систему клапанов, многослойный шлем с автоматически опускающимся прозрачным «забралом», собственную электросеть, питающую микрофон и телефон внутри шлема,— и вы согласитесь, что скафандр — это очень сложное инженерное сооружение.

По мере дальнейшего прогресса в освоении Космоса будут, естественно, меняться и космические костюмы, причем движущим стимулом окажется не мода, а новые задачи, требующие новых средств защиты.

По характеру применения космические скафандры делятся на бортовые, выходные и планетарные. В бортовых скафандрах летали первые космонавты. В выходных выходили в космос А. Леонов и другие космонавты (рис. 33). Имеется много вариантов планетарных скафандров. Рассмотрим некоторые из них.

Английский лунный скафандр — это громоздкий костюм, который может служить и укрытием. В нем есть си-

денье для отдыха, четыре ножки-опоры, механические руки, ну и, конечно, надежная система жизнеобеспечения, включая запасы пищи и воды.

Другой вариант — один из американских скафандров для лунных прогулок. Чтобы облегчить передвижение космонавта, все громоздкое и тяжелое (запасы воды,



Рис. 33 Человек в открытом космосе

источники тока, радиоаппаратура и проч.) размещено на специальной самоходной тележке. Кстати, в случае нужды и сам космонавт может прокатиться на этой тележке.

Конечно, будущее может подсказать самые неожиданные решения. Почему бы не использовать, например, мощные механические манипуляторы, управляемые биотоками мышц человека? Между прочим, впервые подобные «биопротезы» были созданы в нашей стране. Много думают над тем, каким способом скафандр мог бы надежно предохранить космонавта от мельчайших метеоритов и вредной радиации.

Короче говоря, на выставке космических «мод» 2000 года, вероятно, будут демонстрироваться куда более изящные и совершенные космические костюмы, чем те, которые уже есть в нашем обиходе.

## **Космическая психология**

Многое приходится выдерживать кандидату в космонавты, прежде чем от государственной комиссии он услышит желаемое слово «годен».

Покорителей Космоса готовят из людей абсолютно здоровых, прошедших специальную подготовку и (что очень важно) обладающих крепкой психикой, железными нервами. Последнее качество совершенно необходимо. Каждый из нас, попав в необычную обстановку, внутренне настораживается, чувствует какую-то озабоченность, словом, нервничает. А что должен чувствовать космонавт (пусть даже в обществе других членов экипажа), когда в течение многих часов, дней, месяцев, а в будущем и лет он окажется в небольшой герметически замкнутой кабине космического корабля, оторванным от родной планеты? Сумеет ли он преодолеть естественное чувство страха, когда представит себе окружающую его со всех сторон бездну? Удастся ли ему избавиться от гнетущих опасений «невозврата» на Землю, сможет ли он привыкнуть к полной тишине и одиночеству или ужиться в буквально «тесном» кругу своих коллег?

Можно поставить еще десятки подобных вопросов, ответы на которые должны быть получены до старта. Только те, кто успешно преодолеет «психологический» барьер, имеют шансы стать космонавтами.

Когда-то в прошлом веке, когда неуклюжие стефенсоновские паровозы развивали скорость 30—40 километров в час, противники железной дороги уверяли, что человек не выдержит этих «безумных» скоростей и непременно сойдет с ума.

В наш космический век также нашлись горе-пророки, заявлявшие, что «никто не может выдержать даже нескольких часов полной изоляции; наедине с бездной человек сходит с ума!»

Как всегда, спор решил опыт. И решение оказалось не в пользу паникеров. Но трудности психологического характера, конечно, есть и притом немалые. Чтобы выяснить, какова психическая выносливость будущего космонавта, испытуемого помещают в сурдокамеру.

Термин этот произошел от латинского слова «сурдус», означающего «глухой». Камера безмолвия — вот, пожа-

луй, наиболее подходящая расшифровка этого космонавтического термина.

Еще задолго до начала космической эры в Колтушах по идее И. П. Павлова были созданы «башни молчания», в сущности, первые сурдокамеры. С их помощью изучались условные рефлексы у животных, а затем исследовалась и высшая нервная деятельность человека.

Современная сурдокамера — это небольшая толстостенная комната, изолированная от внешнего мира. Ее стены непроницаемы для звука и света, а сама камера установлена на мощных амортизаторах, чтобы никакое внешнее колебание не доходило до испытуемого. В сурдокамере создается необходимый для жизни комфорт — чистый воздух, умеренная температура, туалет, душ. Есть там, конечно, и запасы пищи, достаточные для всего срока опыта. Но связь с внешним миром сведена почти к нулю — лишь сигнальные лампы обеспечивают контакт испытуемого с экспериментатором. За поведением будущего космонавта следят телевизионные «глаза» и кинокамеры, специальные датчики регистрируют физиологические функции организма, обслуживающий персонал видит испытуемого через специальные смотровые люки.

Первое, что приходится психологически преодолевать, — боязнь малого замкнутого пространства. В психологии этот род психического расстройства называется клаустрофобией. Ему подвержены и животные — вспомните, как бьется птица, случайно залетевшая в комнату, в страхе ударяется о стены, ища выхода. Или как пытаются вырваться из клетки только что заключенный в нее хищный зверь.

Человеку, по-видимому, свойственно подсознательное стремление к просторам, к освоению беспредельных пространств. В особенности это чувство должно быть присуще космонавтам. И вот вместо просторов — тесная, нагло замкнутая кабина корабля.

Следующее психологическое препятствие на пути в Космос — бедность впечатлений, однообразие обстановки, тишина, короче — сенсорный, «чувственный» голод. Преодолеть его надо во что бы то ни стало, но сделать это нелегко.

Бедность внешних впечатлений вызывает сонливость. Работоспособность человека заметно снижается. Реакция на неожиданные раздражители становится замедленной,

нечеткой. Теряется чувство времени, нередко возникают галлюцинации.

Вряд ли нужно подчеркивать, что космонавт должен быть бесстрашным, находчивым и от него больше чем от кого-либо требуется умение быстро принимать самые правильные решения в неожиданно возникающих сложных ситуациях.

И вот в напряженную тишину сурдокамеры внезапно вторгаются резкие звуки — сирена, джаз, трещотки... А то вдруг возникает яркая вспышка, слепящая глаза. Нервы у космонавта должны быть очень крепкими, и при всех этих неожиданных «помехах» темп и качество его работы не должны снижаться.

Насколько будущий космонавт удовлетворяет этим требованиям, можно проверить, например, с помощью специальной таблицы. Состоит она из 49 квадратов. На 25 из них черные цифры от 1 до 25, на остальных квадратах — красные цифры (от 1 до 24). Расположены эти цифры совершенно беспорядочно. Задача для испытуемого состоит в том, чтобы назвать такие пары черных и красных цифр, чтобы сумма их всегда равнялась 25, и при этом черные цифры надо называть в возрастающем порядке, а красные в убывающем. Если «помехи» не сбивают будущего космонавта, если опыт проходит успешно в любых условиях, значит нервы у испытуемого достаточно крепки.

Казалось бы, психологические проблемы космических полетов проще всего решать, формируя экипаж не из одного, а из двух или нескольких космонавтов. Отпадает проблема одиночества, снижается чувство оторванности, изоляции, вместо гнетущей тишины — разговоры с друзьями-космонавтами, совместный труд, совместная борьба с многочисленными трудностями...

Все это, конечно, так, но зато возникают новые проблемы, среди которых самая главная — психологическая совместимость членов экипажа.

Некоторые люди, во всех отношениях достойные, волевые, обладающие хорошим характером, оказавшись надолго в обществе друг друга, без общения с другими людьми, становятся чуть ли не врагами.

Классический пример — совместный поход Фритьофа Нансена и его штурмана Иогансена к северному полюсу.

Оба эти знаменитые полярные исследователи были людьми крепчайшей воли, большого мужества и типичного для северян спокойствия. Но когда им в течение почти полутора лет пришлось общаться только друг с другом, каждый из них стал почти невыносим для другого. В конце концов они стали разговаривать только раз в неделю, да и то сухим официальным тоном, обращаясь друг к другу не иначе, как «господин начальник экспедиции» и «господин главный штурман».

По возвращении на Большую Землю этот печальный эффект «психологической несовместимости» как рукой сняло и оба героя снова стали друзьями, но «одиночество вдвоем» им далось нелегко.

Экипаж из трех космонавтов тоже не всегда может быть решением проблемы — не исключено, что при длительном полете двое объединятся в преследовании третьего. При еще более многочисленном экипаже есть опасность разделения экипажа на враждующие группы.

Все эти проблемы относятся, конечно, к будущим длительным полетам. Решить их можно не только правильным подбором экипажа по принципу психологической совместимости, но и предварительной тренировкой, воспитанием высоких волевых и моральных качеств, а главное — сознания ответственности за то великое дело, которое им, космонавтам, поручается.

## **Космонавт летает... на Земле**

Под таким интригующим названием недавно была опубликована очень интересная книга\*. В ней подробно рассказано о той подготовке космонавтов, которая неизбежно предшествует старту. В конце книги приведено описание модели космического корабля, на которой, собственно говоря, завершается подготовка космонавтов к полету.

Помните, как Суворов тренировал русское войско перед взятием Измаила? Он построил модель неприступных укреплений вражеской крепости, и на этой модели русские воины ежедневно с огромным упорством «отрабаты-

\* В. Г. Денисов, Космонавт летает ... на Земле, изд-во «Машиностроение», 1964.

вали» методы штурма. Результат известен — победная реляция о взятии Измаила.

В сущности, космонавты идут по этому суворовскому пути. Готовят они себя к штурму Космоса самыми разными способами.

Прежде всего — ежедневные получасовые зарядки с большой физической нагрузкой. Очень полезны спортивные игры — футбол, хоккей, баскетбол, укрепляющие сердечно-сосудистую систему и вестибулярный \* аппарат, повышающие выносливость организма.

На центрифугах, в баро-, термо- и сурдокамерах, а также на специальных стендах (типа катапульт) отрабатываются отдельные элементы полета. Специализированным тренажером такого типа было и то сложное устройство, на котором А. Леонов и П. Беляев отрабатывали все детали первого выхода человека в Космос.

Но вот наступает завершающая стадия подготовки, когда космонавт садится в макет космического корабля. Все здесь сделано так, чтобы макет максимально походил на действительность, кроме, увы, двух состояний — невесомости и перегрузки.

Старт — пока что условный, не настоящий — дан! Мощные динамики доносят до космонавта предварительно записанный на пленку шум двигателей. Кресло космонавта, укрепленное на специальном вибростенде, одновременно с шумом двигателей начинает вибрировать. Но вот слегка качнулось кресло и специальные натяжные ремни прижали космонавта к его сиденью — только так можно имитировать перегрузку.

«Полет» начался. Стрелки приборов показывают стремительное нарастание скорости, увеличение высоты, ориентацию относительно плоскости горизонта.

Активный участок полета завершен. Натяжение ремней ослабло, двигатели замолкли, начался пассивный полет по заданной орбите. Только слабый шум от работающих приборов доносится до уха космонавта — работает бесконечная магнитофонная лента.

Перед космонавтом — чудо-глобус. Он медленно поворачивается, как и в полете. Впрочем, темп полета мож-

---

\* Так называется аппарат равновесия в организме человека и животных.

но значительно ускорить по сравнению с реальным и глобус будет вращаться быстрее. Работают и другие приборы, а связь с «Землей», т. е. с находящимися в том же зале, где стоит макет кабины, экспериментаторами, осуществляется средствами радио и телевидения.

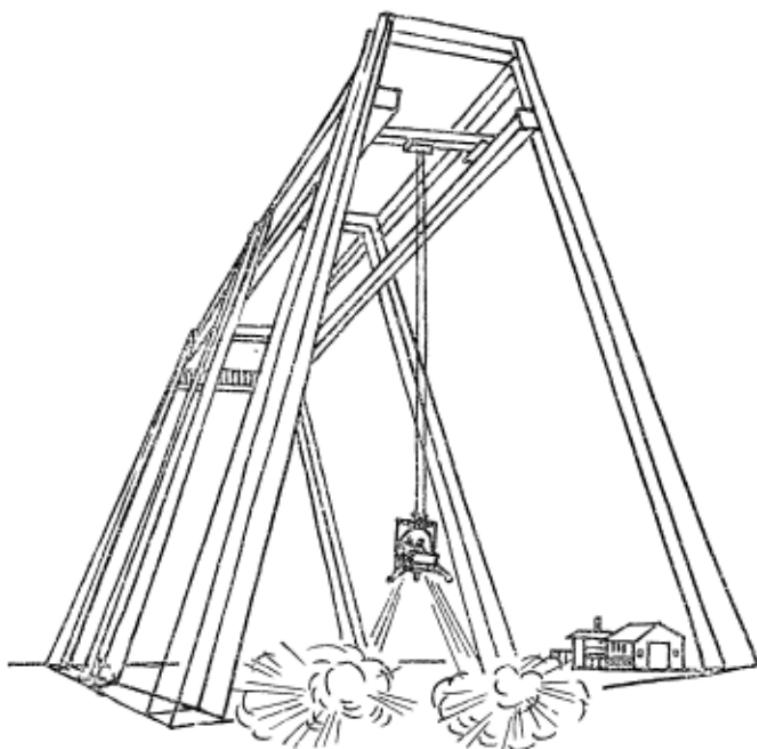
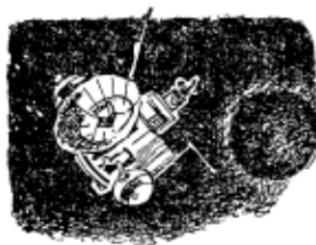


Рис 34 Установка для имитации посадки на Луну

Все (или, точнее, почти все) как в настоящем полете. А руководит полетом, определяя его режим, специальная электронная моделирующая машина.

Можно с помощью небольшого планетария и других оптических средств имитировать звездное небо, вид Земли из Космоса, приближающуюся Луну, смену дня и ночи, короче, почти все, что угодно. Можно построить тренажеры, имитирующие посадку на Луну или на Марс в условиях ослабленной тяжести, или создающие в корабле аварийную ситуацию (рис. 34).

Итак, космонавт уже здесь, на Земле, прошел все предстоящие ему в Космосе испытания. Если он выдержал их успешно, впереди его ждет настоящий космический полет.



## В полете



Оторвавшись от поверхности Земли, космический корабль прежде всего должен преодолеть сопротивление земной атмосферы. В конце активного участка траектории он выводится ракетой-носителем на расчетную орбиту. Пусть это будет не замкнутый вокруг Земли эллипс, а некоторая межпланетная траектория.

Наша задача состоит в том, чтобы проследить полет космического корабля от «планеты отправления» до конечного пункта назначения. Если говорить достаточно общо, то цель этой главы — познакомить читателя с физикой космического полета, точнее с физическими воздействиями, которые

оказывает космическая среда на летящий корабль. При этом под «средой» мы будем понимать как вещество, так и излучение.

Начнем же, естественно, со старта.

## На космодроме

По описаниям, приведенным в печати \*, попробуем представить себе, как выглядит современный космодром.

На обычном аэродроме старт самолетов совершается с бетонной взлетно-посадочной полосы. Космические ракеты стартуют вертикально, и для старта им нужна не горизонтальная дорожка, а вертикальная стальная стартовая башня (рис. 35).

Для многих космических рейсов, когда полезная нагрузка велика, нужны исполинские ракеты-носители — отсюда и весьма внушительные размеры стартовой башни.

Доставить такую машину на космодром — очень сложное дело. Железные дороги для этого мало пригодны, и приходится прибегать к помощи водного или воздушного транспорта. Можно, например, морем или крупными реками доставлять отдельные части космических ракет на крупных баржах. Придуман и другой остроумный метод: ракета с незаправленными баками не тонет и ее можно буксировать, как баржу.

Части ракеты-носителя можно доставить также по воздуху. Для этого применяются специальные весьма вместительные самолеты.

Так или иначе, но в конце концов части ракеты-носителя попадают на космодром, в гигантское здание монтажного цеха. Прежде чем выпустить ракету на космическую орбиту, ее не просто собирают по частям, а снова внимательнейшим образом проверяют все узлы, все детали. Обслуживающий персонал космодрома может достигать нескольких десятков тысяч человек.

Но вот из монтажного цеха медленно выползает исполинское сооружение — ракета-носитель с космическим кораблем на своем верхнем конце. Это сооружение пере-

\* См. статью «Космодром» в Маленькой энциклопедии «Космонавтика», изд-во «Советская энциклопедия», 1968.

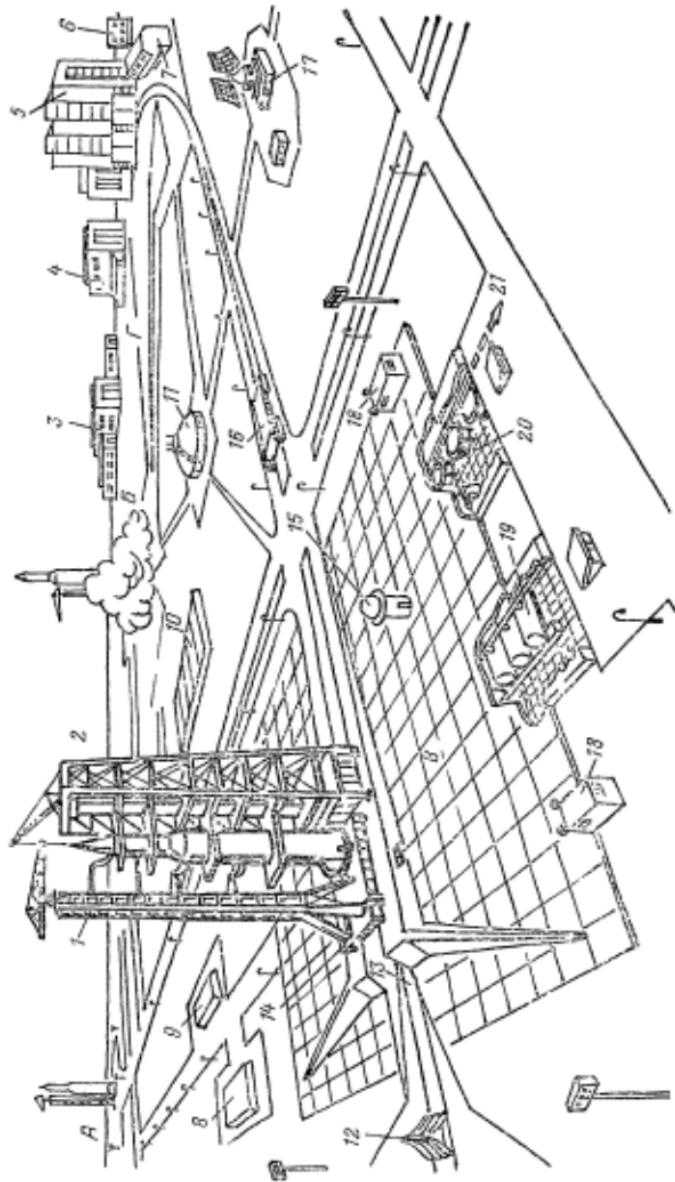


Рис. 35. Современный космодром:

*A, B, В* — стартовые позиции; *Г* — техническая позиция; *1* — заправочная башня; *2* — башня обслуживания; *3* — станция заправки; *4* — монтажный корпс; *5* — здание вертикальной сборки; *6* — компрессорная станция; *7* — командный пункт; *8* — хранилище окислителя; *9* — ресиверная; *10* — бассейн; *11* — командный пункт; *12* — газоотводной канал; *13* — пусковая система; *15* — башня для приборов; *16* — транспортёр; *17* — радиолокатор; *18* — укрытие; *19* — хранилище горючего; *20* — заправочная станция водорода; *21* — испарительным площадкам

мешает в направлении к стартовой башне сверхмощный гусеничный транспортер.

На стартовой позиции особый транспортно-установочный агрегат с помощью гидродомкратов устанавливает ракету в вертикальное положение так, что она оказывается «вывешенной» над пусковой системой.

Приближается момент старта. Постепенно, после выполнения необходимых подготовительных работ, от ракеты отключаются все наземные системы. Космонавты на лифте поднимаются к верхушке ракеты и занимают свои места в кабине космического корабля. Остается единственная тоненькая «ниточка», связывающая ракету с Землей — электрическая цепь зажигания двигателей.

Пока истекают последние минуты перед стартом, отметим, что современные космодромы стараются строить (насколько это возможно) поближе к экватору. Американский космодром на мысе Кеннеди расположен на широте около  $25^{\circ}$ . Во Французской Гвиане на широте около  $5^{\circ}$  создается новый французский космодром. Советский космодром Байконур ( $65^{\circ}$  восточной долготы и  $47^{\circ}$  северной широты) находится в южной части нашей страны. Все это преследует понятную цель — максимально использовать при запуске скорость осевого вращения Земли, которая для точек земного экватора достигает  $465 \text{ м/сек}$ . Насколько существенна эта добавочная скорость, можно судить хотя бы по тому, что при запуске ракеты к Луне увеличение скорости всего на  $1 \text{ м/сек}$  увеличивает дальность полета (при прочих равных условиях) на  $4000 \text{ км}$ . На экваторе для запуска потребуются менее мощные ракеты-носители, чем, скажем, на полюсах.

Конечно, все эти ограничения в выборе места для космодрома временные. Они вызваны сегодняшней энергетической бедностью человечества, а в недалеком будущем географическая широта космодрома перестанет играть решающую роль.

...Но вот начался обратный счет.

...Три, два, один... старт! Ракета в полете!

## Активный участок

Стартя вертикально, космическая ракета на протяжении примерно 2 минут изменяет направление своего

полета с вертикального почти на горизонтальное. Траектория выведения на окончательную орбиту определена заранее разработанной программой, и теперь автоматические устройства неуклонно эту программу осуществляют.

При разработке программы приходилось искать некоторое компромиссное оптимальное решение. Если сэкономить топливо, то самое лучшее выводить ракету с максимальным ускорением. Но это требование неприемлемо для экипажа — космонавтам желательны, наоборот, минимальные перегрузки.

Если послать ракету по вертикали, она быстрее выйдет за пределы атмосферы и потери скорости за счет сопротивления воздуха будут минимальными, но зато гравитационные потери, вызванные тяготением Земли, при таком запуске окажутся наибольшими. Наоборот, при горизонтальном выведении гравитационные потери сведутся к минимуму, а потери за счет сопротивления атмосферы станут наибольшими, так как ракета преодолевает гораздо большую, чем в первом случае, толщу атмосферы.

Вот и приходится выбирать между Сциллой и Харидой, стараться наилучшим образом угодить всем сразу.

Траектория выведения зависит, конечно, и от цели запуска. Если, скажем, космический корабль предназначен для орбитальных полетов вокруг Земли, в конце активного участка траектории его скорость может быть направлена почти горизонтально. При выводе на межпланетную орбиту угол, образуемый вектором скорости с горизонтом в конце участка выведения, будет отличен от нуля, и от его величины зависит точность попадания в цель.

Программа выведения должна выполняться с изумительной точностью, без которой немыслимо достижение желанной цели. Например, при запуске советских лунных ракет допускалось отклонение скорости по направлению не больше чем на 0,1%, а по величине — не более чем на несколько метров в секунду! При межпланетных запусках точность, а вместе с ней и трудности значительно возрастают. Если, скажем, при запуске к Венере в конце активного участка вектор скорости отклонится от намеченного направления всего на одну минуту дуги, то вместо попадания в Венеру корабль пройдет мимо нее на

расстоянии ста тысяч километров! И несмотря на все эти трудности, системы управления и стабилизации полета современных космических аппаратов обеспечивают нужную точность.

Если бы не было атмосферы и Земля при старте вдруг сразу утеряла бы способность притягивать другие тела, космический корабль в конце активного участка приобрел бы скорость на 2—3 км/сек большую, чем в действительности. Такова суммарная величина гравитационных (за счет тяготения) и аэродинамических (за счет сопротивления воздуха) потерь.

Пока ракета выводит корабль на орбиту, главное физическое воздействие окружающей его среды (не считая гравитации и сопротивления воздуха) — разогрев при трении о воздух. Этот эффект, неприятный для экипажа и оборудования, нейтрализуется специально подобранными внешними оболочками корабля и его системой терморегулирования.

Активный участок короток — проходит несколько минут и космический корабль, оторвавшись от ракеты-носителя, начинает настоящий космический полет.

## Земля на небе

С вершины горы или с самолета Земля еще не приобретает планетарный облик. Но уже первые снимки земной поверхности с высот, больших 100 км (они были получены с помощью стратосферных ракет), наглядно продемонстрировали шарообразность Земли — истину, для утверждения которой потребовалось столько веков!

Взорам первых космонавтов с высот 200—300 км Земля представлялась в еще большей степени исполинским, богатым пейзажами и красками шаром. Впрочем, пусть говорят очевидцы \*:

«Начиная планета — писал Юрий Гагарин — выглядит примерно так же, как при полете на реактивном самолете на больших высотах. Отчетливо вырисовываются горные хребты, крупные реки, большие лесные массивы, пятна островов, береговая кромка морей...

Когда я смотрел на горизонт, то видел контрастный

\* «Наша планета из Космоса», Гидрометеоиздат, 1964

переход от световой поверхности Земли к совершенно черному небу. Земля радовала сочной палитрой красок. Она окружена ореолом нежно-голубого цвета. Затем эта полоса постепенно темнеет, становится бирюзовой, синей, фиолетовой и переходит в угольно-черный цвет».

Герман Титов с интересом следил за Землей и видел крупные реки и горы, по окраске различал вспаханные и несжатые поля. «Хорошо были видны облака. Их можно было отличить от снега по синим теням, отбрасываемым на Землю».

«Мы хорошо видели города, реки, горы, корабли»... — отмечает Павел Попович. «Можно определить границы городов, улицы, видны главные улицы; в ночное время хорошо наблюдались грозы на Земле» — добавляет Андриян Николаев.

По свидетельству Валерия Быковского, «особенно ярко видны города в ночное время», а краски казались столь сочными, что, по наблюдениям Валентины Терешковой, «каждый материк имеет свой преобладающий цвет: Африка — желтая, Южная Америка — зеленая, Азия — темно-коричневая».

С высот в 200—300 км земная цивилизация проявляет себя вполне заметно. Хорошо видны города, аэродромы, шоссе, крупные корабли, а Алексей Леонов, пролетая над Вьетнамом, увы, видел взрывы — явные следы американских бомбардировок — следы дикости и варварства.

Рассматривая Землю с большего расстояния (например, с высоты 1000 км), мы лишь с большим трудом могли бы убедиться в обитаемости Земли. Американские ИСЗ серии «Тирос» получили тысячи фотографий Земли, на которых самые мелкие, едва различимые детали имели поперечник около 2 км. Казалось бы, при таком масштабе изображения должны быть хорошо различимы и города, и шоссе, и иные следы технической деятельности человека. На самом деле это не так. Рассеяние солнечного света в атмосфере, атмосферная дымка, туманы и другие причины «замывают» изображение, уменьшают контрастность деталей. Любопытен итог — из всех снимков в указанном масштабе только на одном из них виден явный след человеческой деятельности (просека). Судя по остальным фотографиям, наша планета или вовсе необитаема или по меньшей мере лишена высокоразвитых разумных существ.

Группа видных американских ученых, изучавших подобные фотографии, пришла к выводу, что для надежного обнаружения результатов человеческой деятельности требуется по меньшей мере несколько тысяч фотографий, дающих четкие изображения деталей, в десять раз меньших, чем на снимках со спутников «Тирос»!

Трудно передать словами впечатление, которое оставляет великолепный снимок Земли (рис. 36), переданный на нашу планету в 1968 г. советской автоматической станцией «Зонд-6». На переднем плане — край Луны, совсем близкий, как если бы мы сами летели где-то вблизи лунной поверхности. А этот странный серп на черном фоне неба — наша планета Земля! Тщетно пытались бы мы рассмотреть невооруженным глазом города, не говоря уже о других творениях человеческой цивилизации. Только в телескоп их можно было бы, вероятно, обнаружить как какие-то странные пятна, слегка дымящиеся днем и еле светящиеся ночью. Даже очертания материков — и те очень нечетки, так как облачность искаивает привычные контуры и Земля с Луны оказывается совсем непохожей на школьный глобус. ...Обычное небесное тело, по внешнему виду несколько напоминающее Венеру, как она видна в телескоп. Трудно поверить, что на этой планете кипит напряженнейшая жизнь миллиардов разумных существ, большинство из которых настолько занято повседневной суетой, что едва ли не считает свой мир центром мироздания.

Когда космические корабли унесут космонавтов на межпланетные трассы, Земля для их глаз быстро превратится в яркую немерцающую звезду голубоватой окраски. Это зрелище особенно красиво еще и потому, что рядом с Землей видна вторая яркая золотистая звезда — ее верный спутник Луна. В Солнечной системе эта двойная планета представляет собой образование уникальное.

Хотя никто еще не побывал на других планетах, мы совершенно отчетливо представляем себе, как выглядит Земля с расстояний в десятки миллионов километров.

На ночном небе Меркурия и Венеры — это великолепное светило, уступающее в блеске и красоте только Солнцу. Наглядности ради отметим, что, например, с Венеры Земля выглядит в шесть раз более ярким светилом, чем Венера с Земли. При этом весьма ярка и Луна — в четыре раза ярче Сириуса.



Рис. 36. Фото края Луны (1) и планеты Земля (2), переданное АМС «Зонд-6»

Стоит при этом, правда, сделать важную оговорку — густой облачный покров, по-видимому, препятствует любым астрономическим наблюдениям с поверхности Венеры. Поэтому описанную выше картину удастся увидеть только из стратосферы этой облачной планеты.

Высадившись на Марс, мы не всегда смогли бы заметить Землю. На небе Марса наша планета играет роль «вечерней» и «утренней» звезды, совсем как Венера на небе Земли. Правда, марсианам (если они существуют) Земля кажется не такой яркой немерцающей звездой, как, например, Венера, а несколько более тусклой, примерно, как Юпитер с Земли. И видна Земля с Марса только в определенные периоды, когда она достаточно далеко удаляется на небе от ослепительного Солнца.

Было бы безнадежным делом пытаться увидеть Землю с Юпитера или с еще более далеких планет — Сатурна, Урана, Нептуна, Плутона. Даже с Юпитера Земля кажется голубоватой звездочкой 8-й звездной величины, в шесть с лишним раз менее яркой, чем самые слабые звезды, доступные невооруженному глазу. Мешает и то, что Земля на небе далеких планет все время скрывается в солнечных лучах. Лишь в телескоп, да и то с трудом удалось бы нам рассмотреть нашу маленькую, скромную планету.

Стоит ли говорить, что даже с ближайших звезд существование Земли нельзя обнаружить никакими самыми совершенными современными техническими средствами?

## Зоны радиации

До космических полетов о существовании вокруг Земли поясов радиации никто и не подозревал. Сложилось представление, что с удалением от Земли плотность земной атмосферы постепенно уменьшается и где-то на высотах 2—3 тысяч километров становится равной плотности межпланетной среды. Казалось, ничто не может препятствовать выходу космических кораблей в межпланетное пространство.

Действительность оказалась намного сложнее. Датчики спутников и космических ракет уверенно зарегистрировали повышенное количество протонов и электронов в окрестностях Земли. Мало-помалу выявилось, что земной

шар окутан «поясом радиации», по форме отдаленно напоминающим что-то вроде исполинского бублика, опоясывающего по магнитному экватору нашу планету (рис. 37). Впрочем, аналогия эта очень грубая, и лучше, если читатель, не прибегая к сравнениям, сам попробует представить себе пространственную форму радиационного пояса. В этом поясе радиации можно условно выделить три зоны.

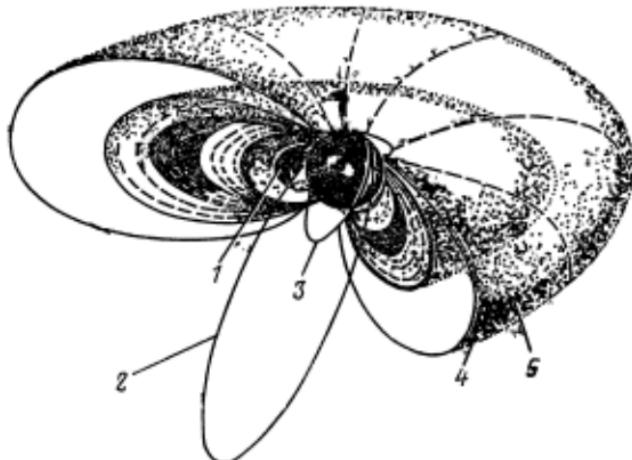


Рис. 37. Радиационный пояс Земли:

1 — внутренняя зона; 2 — орбита спутника «Электрон-2»;  
3 — орбита спутника «Электрон-1»; 4 — средняя зона; 5 —  
внешняя зона

Самая внутренняя из них, наиболее плотная часть которой отстоит от поверхности Земли на расстоянии 3,5 тысячи километров, состоит в основном из протонов. Протоны эти движутся сложным образом (как именно — рассказано ниже) и при движении развивают энергию порядка ста миллионов электронвольт (эв)\*.

Наиболее плотная часть средней зоны находится на высоте примерно в 20 тысяч километров. Составляют эту зону преимущественно электроны с энергией, близкой к 100 000 эв.

Намечается как будто и самая внешняя, третья, зона

\* Электронвольт — единица энергии, равная той энергии, которую приобретает электрон, разгоняясь на участке поля с разностью потенциалов в 1 в.

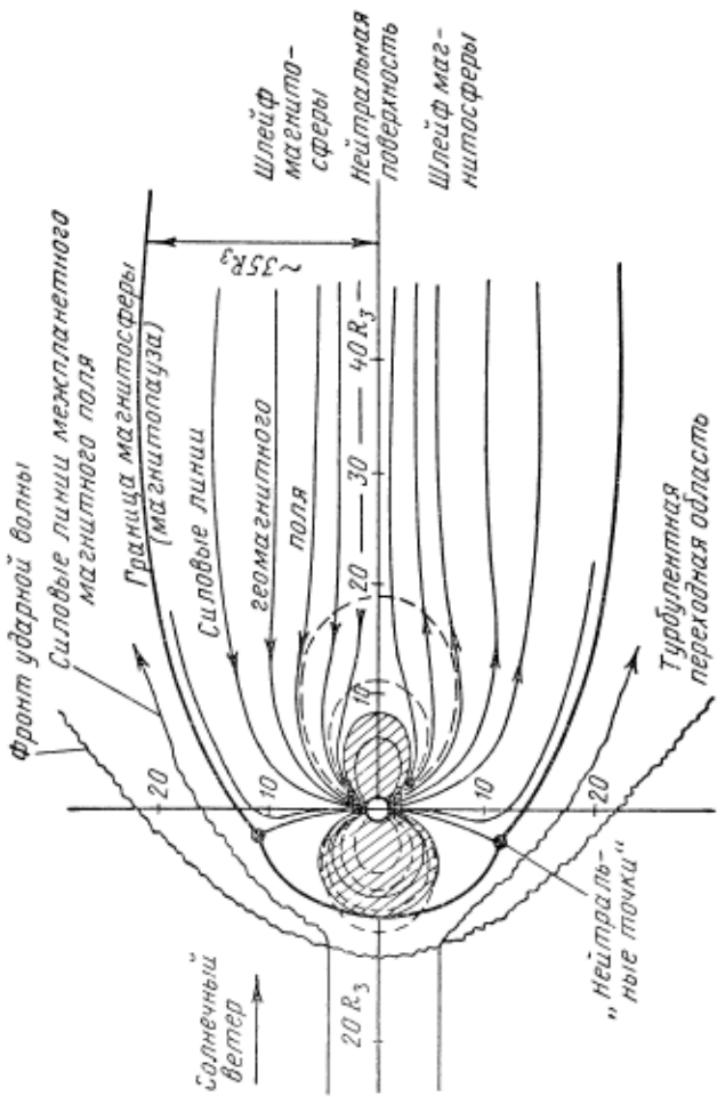


Рис. 38 Силовые линии магнитосферы Земли

(высота порядка 60—70 тысяч километров). Там также преобладают электроны, но только гораздо менее энергичные, с энергией порядка сотни электронвольт. В сущности, эта зона является переходной областью от пояса радиации к межпланетному пространству.

Откуда взялись в окрестностях Земли эти частицы и как они движутся?

На рис. 38 изображена магнитосфера Земли — та область пространства, где обнаруживаются следы земного магнетизма. Единственный способ изобразить невидимое геомагнитное поле — это нарисовать его силовые линии. Хотя, строго говоря, магнитное поле Земли беспредельно, но уже на удалениях в 15—20 радиусов Земли в некоторых направлениях следы геомагнитного поля становятся еле различимыми.

Трудно сказать с полной определенностью, по каким причинам наша Земля подобна исполинскому магниту. Скорее всего магнитное поле образуется теми электрическими токами, которые циркулируют в электропроводящем, очень плотном ядре Земли. Как бы там ни было, Земля имеет два магнитных полюса, причем земная магнитная ось наклонена к оси вращения Земли под углом, близким к 12°.

Если бы даже Земля была совершенно изолирована от воздействия других небесных тел, ее магнитное поле имело бы сложный характер, главным образом за счет местных магнитных аномалий. В действительности картина еще более осложняется воздействием Солнца и это главная причина, по какой магнитосфера никогда не бывает симметричной. В периоды активности Солнца, когда его диск покрывается пятнами, а солнечной поверхности вырываются потски плазмы, несущие с собой магнитные поля, — в эти периоды магнитосфера становится особенно несимметричной. Часть ее, обращенная к Солнцу, сплющивается, сжимается. Напротив, на противоположной стороне Земли магнитосфера вытягивается, образуя что-то вроде магнитного шлейфа Земли.

Представим себе некоторую магнитную силовую линию, упирающуюся своими концами в земную поверхность. Как поведут себя протоны или электроны в магнитосфере Земли? По законам электродинамики они станут по спиралям «навиваться» на силовую линию

геомагнитного поля. При этом действует закон, выражаемый формулой

$$\frac{\sin^2 \theta}{H} = \text{const},$$

где  $H$  — напряженность магнитного поля Земли в данной точке пространства, а  $\theta$  — угол, образуемый направлением скорости частицы с силовой линией.

Нетрудно сообразить, что с приближением к Земле напряженность  $H$  возрастает, а значит, должен расти и угол  $\theta$ , чтобы дробь в левой части равенства оставалась постоянной. Когда угол  $\theta$  становится равным  $90^\circ$ , частица как бы отражается от геомагнитного поля и начинает двигаться в обратном направлении.

Миллионы раз повторяются эти «спиралеобразные» колебания, прежде чем, растеряв свою энергию, частица попадает в конце концов на Землю.

Как видите, магнитное поле Земли — причина существования радиационного пояса. Планеты и спутники, не имеющие заметного магнитного поля (например, Марс, Луна), лишены и радиационных поясов. Зато у такой исполинской планеты как Юпитер радиационные пояса (как и магнитное поле) достигают огромной протяженности.

Поставляет частицы для поясов радиации в основном Солнце. Однако если в окрестностях Земли каким-нибудь иным путем появится заряженная частица (например, при высотных ядерных взрывах), то она также будет захвачена геомагнитным полем.

Как и магнитосфера, зоны радиации, как правило, несимметричны: в стороне, обращенной к Солнцу, они сжаты, в противоположном направлении вытянуты (реальная картина очень сложна). И опять их форма оказывается тесно связанной с солнечной активностью. Чем активнее Солнце, тем асимметричнее радиационный пояс\*.

Из внутреннего пояса радиации иногда высовываются выступы, дотягивающиеся в отдельных случаях до высот примерно в 300 км. Один из таких выступов зарегистрирован, например, в районе Южной Атлантики.

\* Подробнее см. М. Г. Крошкин, Космос... что мы знаем о нем, Воениздат, 1966.

Стоит ли подчеркивать, что при запусках пилотируемых космических кораблей приходится интересоваться не только общей структурой радиационных поясов в данный период, но и такими немаловажными деталями, как высывающимися к Земле радиационными выступами?

Деление пояса радиации на три зоны в достаточной мере условно. Между этими зонами нет резких границ, и в самой внутренней из них можно встретить электроны, а в самой внешней — протоны. Почти свободны от тех и других частиц области пространства над земными полюсами. Сама природа создала эти два «коридора» для свободного выхода в Космос. Но, увы, воспользоваться ими совсем непросто, прежде всего потому (мы уже говорили о том), что современные космодромы по необходимости тяготеют к экватору.

А может быть, не следует обращать внимания на радиационные зоны — ведь плотность вещества в них очень мала (на объем пространства, заключенный в наперстке, приходится всего одна частица)? К сожалению, малая средняя плотность радиационного пояса сама по себе еще вовсе не устраивает опасности, в ней заключенной. Причина же этой опасности — большая энергия протонов и электронов, захваченных магнитным полем Земли.

Когда протоны радиационных зон врезаются в оболочку космического корабля, они, естественно, частично теряют свою энергию и попадают внутрь кабины значительно ослабленными. С другой стороны, протоны вызывают в оболочке корабля сложные ядерные реакции, в итоге которых возникают нейтроны и жесткие гамма-кванты электромагнитного излучения, добавляющие свою дозу в облучение космонавтов.

Что касается электронов радиационного пояса, то их воздействие еще опаснее. Внутрь кабины они, как правило, проникать не будут — их «пробивная» способность для этого недостаточна. Но, тормозясь в оболочке корабля, они рождают при этом очень вредное тормозное рентгеновское излучение. Оно-то и доходит до космонавта и при некоторых условиях может серьезно угрожать его здоровью.

Такова, так сказать, качественная картина. Дополним ее количественными оценками.

Доза излучения, как известно, характеризуется рентгенами. Один рентген равен такой дозе излучения, при которой суммарный заряд положительных и отрицательных ионов, образующихся в одном кубическом сантиметре воздуха, равен  $\frac{1}{3 \cdot 10^4}$  кулона. Много это или мало?

Доза в 400—600 рентген считается для человека смертельной. Но и при дозах, вдвое меньших, могут наступить серьезные расстройства здоровья. Пока еще нет достаточно уверенных оценок тех доз радиации, которые получит космонавт, рискнувший пробиться в космос сквозь радиационный пояс Земли. Скорее всего эта доза будет заключена в пределах от 2 до 50 рентген. Такая доза жизни не угрожает, но и ее можно существенно уменьшить, если использовать достаточно надежную защиту.

Зашититься можно прежде всего, так сказать, пассивно, т. е. увеличив толщину оболочки корабля и стен кабины. В конструктивном отношении последнее выгоднее, так как утолщение всей оболочки корабля непомерно увеличит его вес. Самый лучший вариант — создать внутри корабля толстостенную защитную камеру, которая могла бы защитить космонавта во время опасного полета сквозь радиационный пояс.

С количественной стороны проблема, однако, оказывается пока еще очень сложной. Для надежной защиты от действия частиц радиационных зон потребуются стены, под каждым квадратным сантиметром которых должно находиться 40—50 г вещества. При такой толщине стен (для свинца, например, она получается близкой к 4 см) общий вес спасательной камеры достигнет многих тонн. К сожалению, для современных ракет-носителей столь тяжелый дополнительный груз может оказаться неподъемным.

Подумывают и об активных формах защиты. На КА размещается установка, создающая вокруг него мощное магнитное поле такого характера, что солнечные протоны и электроны отклоняются им в разные стороны и внутрь КА не попадают. Не исключено, что для этой цели будут использованы сверхпроводящие материалы. Однако пока все варианты активной защиты остаются лишь проектами, впрочем, вполне реальными.

Уже у самого порога нашей земной обители мы столкнулись с опасностью, которой нельзя пренебречь. Не следует, однако, ее и преувеличивать. Только длительные (недели и больше) полеты человека внутри радиационного пояса представляются пока невозможными. Сочетание же допустимых по массе средств пассивной защиты с выбором достаточно безопасной траектории уже сегодня открывает космонавтам дорогу в Космос, к Луне и планетам.

## Метеорное покрывало Земли

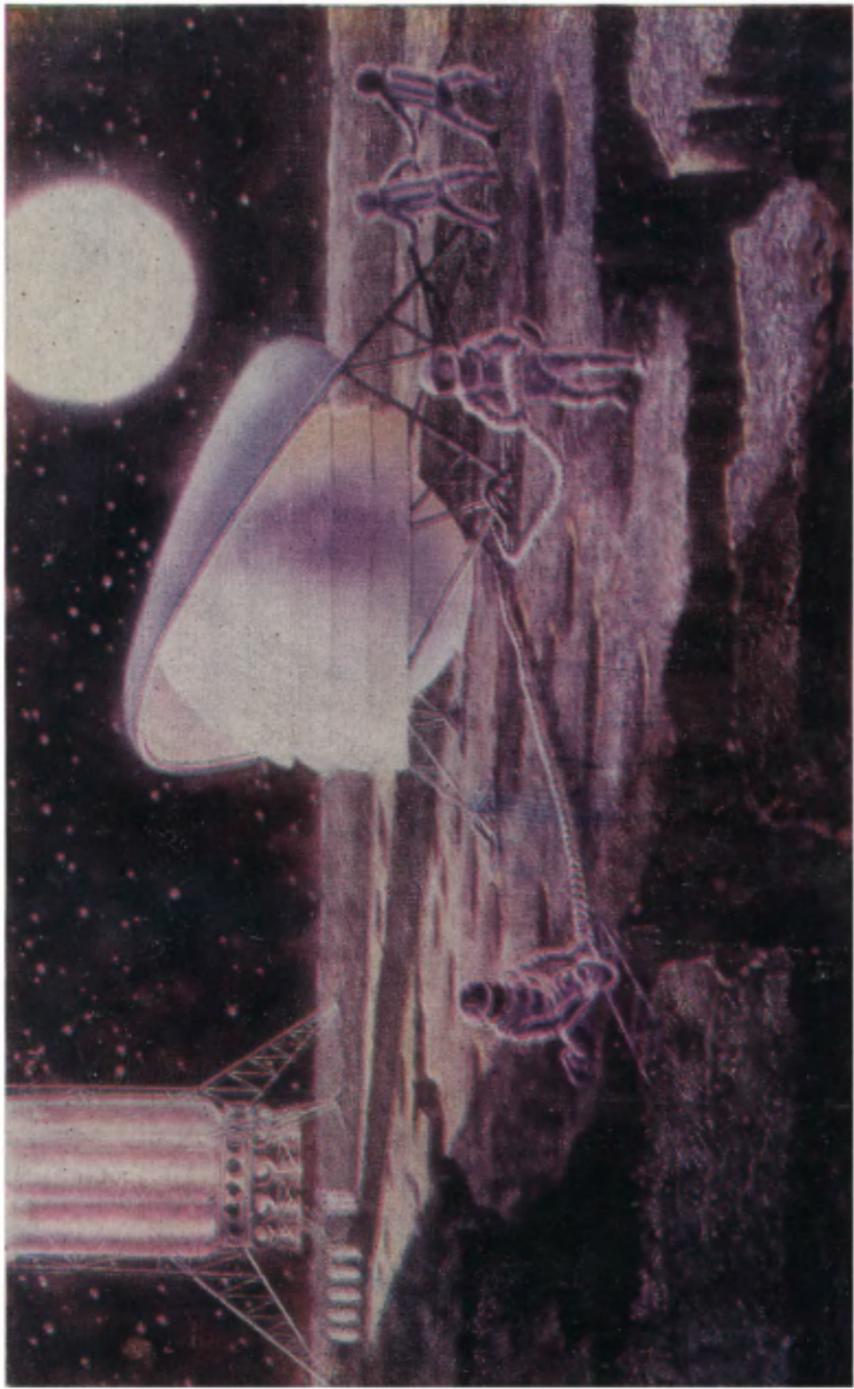
Когда Солнце медленно уходит за горизонт, сначала погружаются в тень наземные предметы, потом вершины гор, затем облака. Но сумеречная дуга продолжает идти все выше и выше. И здесь удается подметить странное явление.

Казалось бы, чем более высокие, а значит, менее плотные слои атмосферы освещает Солнце, тем слабее сумеречная дуга. На самом же деле блеск этой дуги падает куда менее быстро, чем получалось бы в случае, если ее яркость вызывалась только рассеянием солнечного света на молекулах воздуха. Значит, там где-то в стратосфере солнечные лучи рассеиваются какой-то пылью, которая и добавляет свою долю в общее свечение.

Впрочем, последнее выражение не вполне точно. Если на высоте 85 км свет, рассеянный пылью, составляет 40% общего свечения, то уже на высоте 100 км пылевая составляющая сумерек превосходит атмосферную в пять раз, а на высоте в 140 км — в сорок раз.

Эти наблюдения, сделанные с поверхности Земли, подтверждаются и прямыми измерениями с помощью датчиков космических ракет. И они, эти датчики, недвусмысленно свидетельствуют, что около Земли со всех сторон простирается огромное облако из мельчайших частиц космической пыли.

Следы этого облака прослеживаются уже с высот, близких к 100 км, и до высот в 400—500 км средняя плотность вещества околоземного пылевого облака в сотни раз больше плотности вещества в межпланетном пространстве.



Строительство научной станции на Луне (рисунок художника А. Соколова и космонавта А. Геноева)

С удалением от Земли метеорное ее «покрывало» становится все более и более разреженным и где-то на высоте примерно в 100 000 км оно сливается с общим фоном межпланетной материи. Хотя объем «покрывала» очень велик, но космические пылинки, его составляющие, так малы, что общий вес всего околоземного пылевого облака вряд ли превосходит несколько сотен тонн.

Происхождение пылевой оболочки Земли пока не вполне ясно. Можно, тем не менее, указать несколько источников его образования. Во-первых, Земля своим тяготением, по-видимому, захватывает великое множество пролетающих мимо нее мельчайших космических пылинок и водворяет их на околоземные эллиптические орбиты. Во-вторых, часть пыли может поступать с Луны, где поверхностные породы непрерывно дробятся врезающимися в них метеоритами. Стоит какому-нибудь лунному осколку достичь скорости в 2,3 км/сек и он станет межпланетным путешественником.

Мыслим, наконец, и третий источник. В космические пылинки врезаются протоны, электроны солнечного происхождения и частицы космических лучей. Такая бомбардировка может привести к тому, что космическая пылинка приобретет электрический заряд. Если это случится, она уже не будет безразличной к геомагнитному полю и оно поймает ее в магнитную ловушку совершенно так же, как протоны и электроны. Значит, и в этом случае пылинка окажется на некоторый срок соседкой Земли. Впрочем, такое объяснение встречает многочисленные затруднения и вряд ли может считаться уловительным.

Для космических полетов метеорное облако не помеха. В худшем случае оно может вызвать слабую эрозию внешней поверхности космического корабля. Но упомянуть об этом любопытном образовании все же стоит. Тем более, что пылевые покрывала, по-видимому, есть и у Луны и у других планет.

## **Солнечные ветры и ураганы**

Иногда мы наблюдаем (конечно, через темный фильтр), как на ослепительно яркой поверхности Солнца, ярче которой, казалось бы, нет ничего, вдруг появляется

сравнительно небольшое, очень яркое пятно. Как бы «разгораясь» и достигая максимального блеска, солнечная вспышка затем исчезает сравнительно быстро, в среднем через тысячу секунд (рис. 39).

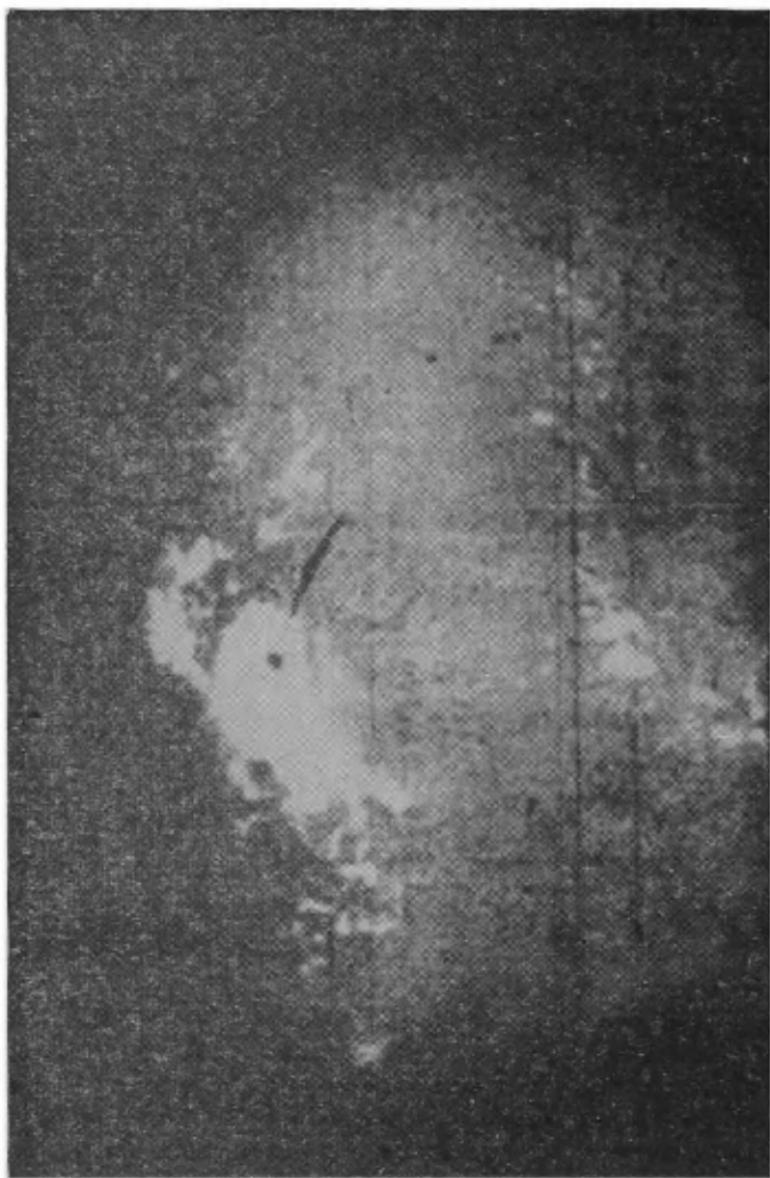
Каждая солнечная вспышка — это невообразимо мощный взрыв на поверхности Солнца, приблизительно соответствующий взрыву 30 тысяч мегатонновых бомб. Он неизбежно сопровождается выбросом больших масс свящующегося газа, резким усилением излучения Солнца из области вспышки (в особенности, коротковолнового излучения) и выбросом колоссального количества корпускул — протонов, альфа-частиц, ядер атомов более тяжелых элементов.

Солнечная вспышка — нечто вроде пушки, стреляющей корпускулами. А дальность ее очень велика — корпускулы с огромными скоростями (1—2 тысячи километров в секунду!) достигают земной орбиты и далее распространяются практически по всей солнечной системе.

Корпускулярный поток — это плазма, т. е. проводник. Солнечным вспышкам всегда сопутствуют (судя по всему и предшествуют) мощные магнитные поля, а значит, плазма, выброшенная Солнцем, перемещается в магнитном поле. Вы хорошо знаете, к чему это приводит — в проводнике возбуждается электрический ток, который порождает собственное магнитное поле. Это поле всегда накладывается на основное поле, в результате чего силовые линии в проводнике и его окрестности сгущаются. Так как это будет всегда, в любом положении проводника, то создается впечатление, что проводник как бы переносит с собой «вмороженное» в него магнитное поле.

При обычных солнечных вспышках выбрасываются протоны с энергией от нескольких десятков до нескольких сотен миллионов электронвольт. По энергии это близко к энергии протонов радиационного пояса. Но зато интенсивность (т. е. количество частиц в единице объема) корпускулярных потоков может достигать очень больших величин. Кроме того, изредка солнечные вспышки достигают такой мощи, что выброшенные ими корпускулы приобретают энергию в 10—20 биллионов электронвольт. Если не прибегнуть к специальным мерам защиты, то доза облучения при мощных солнечных вспышках может оказаться смертельной.

Рис. 39. Фотоснимок солнечной вспышки



Еще более энергичны частицы космических лучей (протоны, ядра более тяжелых элементов), приходящие к нам из межзвездных глубин. Их энергия иногда в миллионы раз превосходит энергию самых быстрых солнечных протонов (она близка к  $10^{18}$  эв!). Защититься во время полета от космических лучей практически невозможно. Причина не только в их чудовищной пробивной способности, но и в том, что при увеличении толщины защиты опасность, как это ни парадоксально, возрастает! Сверхэнергичные частицы порождают в оболочке корабля и кабины такие ядерные реакции, при которых количество вторичных частиц лавинообразно возрастает и доза облучения увеличивается.

К счастью, общая интенсивность космических лучей очень мала — частиц этих мало. Например, общая энергия падающих на Землю космических лучей близка к общей энергии суммарного излучения звезд.

Имеет смысл упомянуть и о третьем типе корпускулярного излучения, с которым сталкиваются космонавты. Это так называемый солнечный ветер — почти равномерное и направленное во все стороны истечение корпускул с поверхности Солнца. «Дует» этот «ветер» не так сильно, как корпускулярный «ураган», возбуждаемый вспышкой: скорость частиц солнечного ветра обычно не превышает 300—500 км/сек. И магнитное поле он переносит с собой раз в десять более слабое, чем корпускулярные потоки. Словом, аналогия между приятным бризом («солнечный ветер») и ураганными порывами (корпускулярные потоки), может быть, и не совсем поверхностная.

От космических лучей защититься нельзя, от солнечного ветра защита не нужна — он не опасен. Остается главная забота — предохранить космонавтов от солнечных вспышек.

В годы максимума солнечной активности рядовые солнечные вспышки происходят примерно раз в месяц, большие — раз в год, вспышки исключительной мощи — примерно каждые три-четыре года. Вся беда в том, что какая-нибудь строгая периодичность тут отсутствует и названные сроки верны, как говорится, в среднем. И все-таки некоторые прогнозы, не всегда, к сожалению, оправдывающиеся, удается делать даже сегодня. Основой для таких прогнозов может служить не только статистика прошлых вспышек — подмечено, что вспышки, по-види-

мому, связаны с появлением определенных групп солнечных пятен.

Не исключено, что в будущем откроются совершенно неожиданные возможности для этих очень важных прогнозов. Еще в 1940 г. А. Л. Чижевский, основоположник гелиобиологии, построил биотелескоп — живой бактериальный прибор, заранее реагирующий на предстоящие солнечные вспышки. Основа биотелескопа — культура особых коринебактерий, которые за несколько часов, а иногда и суток до очередной солнечной вспышки изменяют свою окраску.

Трудно сказать, под влиянием каких излучений это происходит, но факт остается фактом — еще до появления вспышки, в период ее зарождения в солнечных недрах, коринебактерии отзываются на солнечные процессы. К сожалению, биотелескоп был забыт и работы А. Л. Чижевского в этом направлении пока никто не продолжил.

Средства защиты от солнечных вспышек в общем такие же, как от протонов радиационного пояса — толстостенные убежища. Если под каждым квадратным сантиметром защитной оболочки расположить 20—30 г вещества, то защита получится достаточно надежной. Правда, вес кабины достигнет при этом внушительной величины. Но другого пути не видно, если только не вспомнить о фармакологии.

Да, как это ни странно для непосвященных, но есть лекарства, в некоторой мере предохраняющие от лучевой болезни или облегчающие ее течение. Таковы, например, некоторые органические вещества. Иногда их приходится проглатывать в виде таблеток, иногда вводить непосредственно в кровь. Вряд ли сейчас можно предсказать, как далеко пойдет дальнейшее развитие этих лекарств. Во всяком случае, уменьшить радиационную опасность они безусловно могут.

## **Купаясь в солнечных лучах**

Как известно, воздух почти непрозрачен. Это звучит парадоксально, так как житейский опыт как будто свидетельствует об обратном. И тем не менее, повторяем, воздух — удивительно непрозрачная среда. В ней есть лишь два узких «окна прозрачности». Одно из них, «оп-

тическое», пропускает лучи видимого глазом света с длиной волны от 400 до 760 миллиметров. Точнее, к этому окну относятся и невидимые ультрафиолетовые лучи с длиной волны от 290 до 400 миллиметров.

Второе окно называют «радиоокном», так как крайние его границы соответствуют длинам волн 1,25 см и 30 м, т. е. радиоволнам ультракороткого и короткого диапазона. Ко всем остальным электромагнитным излучениям земная атмосфера непрозрачна.

Как только космический корабль выходит за границы атмосферы, на него тотчас же обрушивается весь спектр солнечных излучений — от рентгеновских лучей до сверхдлинных радиоволн. Космический корабль несется к намеченной цели, буквально купаясь в солнечных лучах, но эти солнечные ванны не проходят для него бесследно. В целом электромагнитное излучение Солнца действует на космический корабль двояко. Оно давит на корабль и в то же время создает лобовое давление (эффект Пойнтинга), как сопротивляющаяся среда с плотностью  $10^{-16}$  г/см<sup>3</sup>. С другой стороны, поглощая частично солнечное излучение, корабль нагревается и при том тем сильнее, чем ближе к Солнцу он находится.

Кроме этих физических воздействий, о которых уже говорилось, отдельные виды солнечного электромагнитного излучения оказывают присущее только им, особое, специфическое действие. Ультрафиолетовые лучи портят окрашенные и специально обработанные (в частности, оптические) поверхности. Радиоизлучение Солнца, резко усиливающееся при солнечных вспышках и других проявлениях солнечной активности, может быть источником досадных помех при дальней космической радиосвязи. Но исчерпывается ли этим действие солнечных электромагнитных волн на космический корабль и его экипаж? С другой стороны, есть ли какие-нибудь неизвестные нам пока излучения Солнца?

Опыт показывает, что на второй вопрос положительный ответ вполне возможен. В прошлом веке астрономы, естественно, и не подозревали, что Солнце излучает радиоволны и рентгеновские лучи. Совсем недавно выяснилось, что центральное тело солнечной системы — изобильнейший источник нейтрино, мельчайших нейтральных элементарных частиц исчезающие малой массы. Любопытно, что по мощности нейтринное излучение Солнца

составляет почти треть его общего электромагнитного излучения! Можно ли как-нибудь использовать нейтринное излучение для нужд человеческой практики, в частности в космонавтике, пока неясно.

Нет ничего необычного в том, если когда-нибудь будет открыта новая разновидность солнечного излучения. Более того, имеются серьезные подозрения, что такое таинственное *Z*-излучение существует и вместе с известными солнечными излучениями заметно влияет на здоровье и состояние человека. Мы имеем в виду проблемы новой науки — гелиобиологии.

Еще более полувека назад А. Л. Чижевским, а позже и многими другими учеными были выявлены удивительнейшие связи. Например, оказалось, что эпидемии гриппа, холеры, менингита и других болезней имеют ту же 11-летнюю периодичность, что и солнечная активность. Более того, когда на Солнце происходят мощные вспышки и на вторые сутки солнечные корпушки достигают Земли, учащаются инфаркты и другие случаи заболеваний сердечно-сосудистой и нервной системы. В годы максимума и минимума солнечной активности, т. е. иначе говоря, в периоды, когда Солнце уклоняется от некоего «нормального» среднего состояния, заметно возрастает общая смертность.

Психическое состояние человека теснейшим образом связано с состоянием его нервной системы, а через нее и с общим состоянием всего организма. И вот оказывается, как это ни удивительно, что при усилении солнечной активности (кратковременном или долгопериодическом) увеличивается число автомобильных аварий, возрастает смертность на почве самоубийства или преступлений! Нервная система оказывается исключительно чутким приемником солнечных излучений.

Спешим сделать две очень важных оговорки. Во-первых, все эти связи и закономерности прослеживаются только статистически, на очень большом количестве случаев. Иначе говоря, «солнечные связи» накладываются как некий слабый общий фон на главные причины иного характера (прежде всего социальные).

Во-вторых (и это очень важно), солнечным воздействиям подвержены прежде всего организмы неустойчивые, больные. Здоровякам все напочем, и на колебания солнечной активности они почти не реагируют.

Предпринимаются настойчивые попытки выявить механизм странных воздействий Солнца на человека. Установлено, что структура, состав и другие свойства крови заметно реагируют на солнечную активность. То же можно сказать и о кровяном давлении, и об электрических потенциалах эпителия. Нет сомнений, что, по крайней мере отчасти, здесь действуют магнитные силы. Даже к крайне незначительным колебаниям магнитных сил организмы весьма чувствительны. Этими проблемами в последнее время занимается еще одна новая наука — магнитобиология.

Поставлены под подозрение и радиоволны — не исключено, что некоторые из них также биологически активны. И все-таки до сих пор в ряде случаев после рассмотрения всех возможных причин остается некоторый «осадок», который приходится приписывать какому-то пока неизвестному Z-излучению \*.

Надо ли все это учитывать при подготовке космонавтов к космическим полетам? Судя по всему, безусловно надо. Хотя в космические полеты отправляют людей с исключительным, железным здоровьем, но и на них особенно интенсивные солнечные излучения, по-видимому, могут оказывать заметное воздействие. В особенности это будет верным при полетах в сторону Солнца, на Венеру или тем более на Меркурий. Не надо забывать и того, что на небесных телах, лишенных атмосфер (например, на Луне), космонавты будут облучаться Солнцем совершенно беспрепятственно, «во всю мощь». Как же в таких случаях не позаботиться о защите здоровья космонавтов от всех угрожающих им факторов?

## **Когда взрываются камни**

Вопреки распространенному мнению, что взрываться могут только особые «взрывчатые» вещества, камни также могут взрываться и при том иногда сильнее, чем самое активное из химических взрывчатых веществ — тринитротолуол. Случается это тогда, когда летящий с космиче-

\* Подробнее см. сборник «Земля во Вселенной», изд-во «Мысль», 1964.

ской скоростью камень внезапно натыкается на какую-нибудь преграду.

Попробуем представить себе, какие физические явления произойдут при таком столкновении. Летящий метеорит обладает огромной кинетической энергией — ведь средняя скорость метеорита по отношению к кораблю близка к 45—50 км/сек.

Встретив препятствие, метеорит почти мгновенно останавливается. Его кинетическая энергия превращается в энергию взрыва. Собственно говоря, сначала она частично расходуется на разрушение кристаллической решетки метеорита. Но освобожденное от внутренних связей твердое тело превращается в очень сильно сжатый газ. Связей между его атомами и молекулами уже нет, решетка разрушена и, как всякий газ, удариившийся о корабль метеорит стремится неограниченно расширяться. Но почти мгновенное расширение очень сильно сжатого газа — это взрыв. И он, естественно, тем мощнее, чем крупнее метеорит и чем больше скорость соударения.

Подсчитано, что если эта скорость равна 4 км/сек, то метеорит взрывается с такой же мощью, как равное ему по массе количество тротила. При больших скоростях метеориты взрываются лучше любых химических бомб той же массы. И при этом разрушают такое количество материала, которое может в тысячу, а в исключительных случаях до 60 тысяч раз превосходить массу самого метеорита. Так, например, при скорости соударения в 50 км/сек метеорит разрушит в 15 000 раз больше вещества, чем содержит сам!

Конечно, некоторую роль играет и состав метеорита. При одних и тех же размерах железный метеорит весит значительно больше, чем ледяной, а значит, и столкновение с ним намного опаснее. Однако даже рыхлые снегобразные метеорные тела при столкновении с космическим кораблем непременно вызовут некоторые разрушения.

Мелкий метеорит может пробить баки с горючим, повредить двигатели или аппаратуру, разгерметизировать кабину космонавта. Столкновение с крупным метеоритом неизбежно грозит гибелю космическому кораблю и его экипажу.

Приведем конкретные примеры. Лист дуралюмина

толщиной в 1 *мм* свободно пробивается метеорным телом диаметром 0,2 *мм* и больше. Стальная обшивка толщиной в 3 *мм* уже пробивается метеоритом величиной с булавочную головку (поперечник 1 *мм*). Даже если стальная сбоковка будет иметь толщину 1,2 *см*, то ее пробьет метеорит величиной с горошину (диаметр 0,5 *см*).

Как же велика вероятность встречи с метеоритами? Может быть, метеоритная опасность неотвратима и о длительных межпланетных перелетах не может быть и речи?

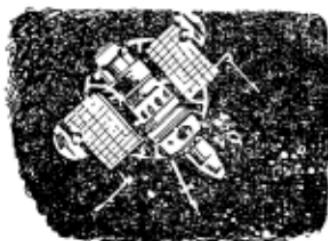
Чем крупнее метеорит, тем меньше таких метеоритов встречается в межпланетном пространстве. Наоборот, мелких и особенно мельчайших метеоритов — великое множество.

Если среднее сечение КА имеет площадь 1 *м<sup>2</sup>*, столкновение с метеорной частицей весом в одну десятитысячную грамма произойдет в среднем... раз в 160 лет! С меньшими частицами столкновения будут соответственно более частыми. Скажем, крошечные пылинки весом в одну тысячную миллиграмма ( $10^{-6}$  *г*) будут сталкиваться с КА каждые 1,6 года и лишь неразличимые глазом крупинки твердого космического вещества весом в  $10^{-8}$  *г* и  $10^{-10}$  *г* дадут интервалы между столкновениями соответственно 6 суток и полтора часа! Это результаты теоретического расчета. А что дает опыт?

Третий советский ИСЗ зарегистрировал от 4 до 11 ударов в секунду на площадку величиной 1 *м<sup>2</sup>*, причем ударялось о спутник ничтожно малые совершенно безопасные частички весом  $10^{-8}$  *г*. Когда советская межпланетная автоматическая станция «Марс-1» находилась от Земли на удалении в 23—45 млн. *км*, ее датчики зарегистрировали повышенную плотность очень мелких метеорных частиц — видимо, станция проходила сквозь кокой-то неизвестный метеоритный поток. Но и тогда за 4 часа 13 мин 30 сек было отмечено 104 удара.

Подведем итоги. Метеорная опасность хотя и мала, но существует. Вероятность гибели от встречи в космосе с крупным метеоритом столь же мала, как вероятность смерти на Земле от удара метеорита. Практически при космических полетах приходится иметь дело с мельчайшими пылинками, вызывающими эрозию поверхности, порчу оптики, пробой тонких конструктивных элементов. Особенно неприятна эрозия радиационных поверхностей

систем терморегулирования. Подсчитано, однако, что теорная эрозия невелика — порядка  $10^{-5}$  см/год, но при длительных полетах с ней надо считаться.



## Под ногами — Луна!



Когда младенец впервые начинает различать вокруг себя какие-то предметы, он старается дотянуться, дотронуться до них. Младенческий этап Космической Эры также ознаменовался попытками «дотронуться» до ближайшего небесного тела — Луны. Пионерами в этом деле (как и во многих других) стали советские автоматические станции. Прошло всего 15 месяцев после запуска первого спутника, как 2 января 1959 г. АМС «Луна-1», пролетев вблизи Луны на расстоянии 5000 км, превратилась затем в первую искусственную планету. Она положила начало непосредственному исследованию

Луны и ее окрестностей. В дальнейшем станции той же серии «Луна» выполнили сложную, обширную и очень интересную программу. Вспомним ее главные успехи. Станция «Луна-3» в октябре 1959 г. впервые показала людям обратную сторону Луны, а еще раньше в сентябре того же года «Луна-2» совершила на территории Моря Дождей первое жесткое прилунение.

Помните, какое сильнейшее впечатление вызвали снимки лунной панорамы, переданные на Землю мягко прилунившейся «Луной-9» (февраль 1966 г.). Прошло около двух месяцев, и в конце марта 1966 г. в первого искусственного спутника Луны превратилась «Луна-10».

Всестороннее исследование Луны автоматами — такова суть советской «лунной» программы, осуществление которой успешно продолжается (вспомним недавний запуск «Луны-15» в июле 1969 г.).

Американская «лунная» программа также отмечена выдающимися успехами. Серия аппаратов «Рейнджер», а затем «Сервейер» раскрыли перед человечеством подробности лунного рельефа и даже состав и строение поверхностного слоя Луны. Недавно весь мир стал свидетелем знаменательного этапа в развитии космонавтики — на Луне побывали и благополучно вернулись домой двое американских космонавтов.

Освоение Луны, разумеется, не единственная задача современной космонавтики. На нескольких примерах мы покажем, как человечество собирается ее решить.

## Как прилуниться!

Когда впервые в нашем словесном обиходе появилось это забавное слово «прилуниться», оно вызывало улыбку. Теперь мы относимся к нему спокойно, по-деловому, как к обычному техническому термину. Перемена отношения вызвана, конечно, тем, что начиная с 1959 г. земные автоматические станции стали «прилуняться» вполне регулярно. Сначала это прилунение было жестким, катастрофическим, кончавшимся гибелюю аппарата. В феврале 1966 г. было осуществлено мягкое прилунение, т. е. мягкая посадка лунной станции на поверхность со-

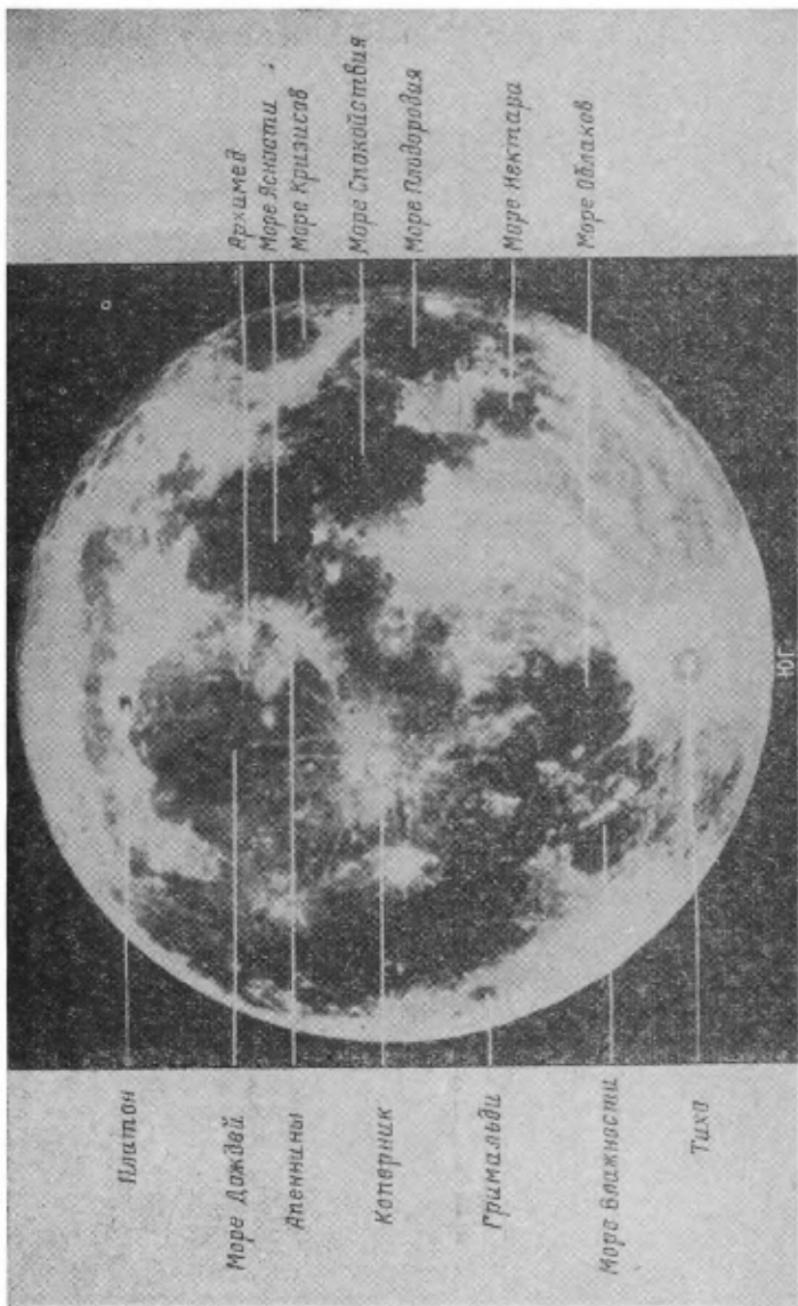


Рис. 40 Некоторые примечательные детали на поверхности Луны

седнего мира. Как жесткое, так и мягкое прилунение впервые были осуществлены советской космонавтикой.

Мы уже рассказывали читателю, как попасть в Луну. Задача становится более конкретной, если выбрать в качестве цели не Луну вообще, а какой-нибудь определенный участок ее поверхности, например Океан Бурь (рис. 40).

Для каждого небесного тела, как вы помните, есть своя параболическая, критическая, или вторая космическая (по-разному ее называют) скорость. На Земле она равна 11,2 км/сек, на Луне 2,3 км/сек. Получив такую вертикальную скорость, тело навсегда покинет Луну и, непрерывно замедляя полет по вертикали, уйдет в бесконечность (влиянием других тел при этом мы пренебрегаем).

Теперь обратим задачу. Пусть тело падает «из бесконечности» на Луну, причем начальная скорость на очень большом расстоянии близка к нулю. Тогда все пойдет, как в кинофильме, запущенном в обратную сторону,— разгоняясь все больше и больше, тело врежется в Луну с той же скоростью — 2,3 км/сек.

Так как начальная скорость была равна нулю (или близка к нулю), то, следовательно, критическая скорость для любого небесного тела — это та минимальная скорость, с которой предмет (без сопротивления атмосферы) врежется в его поверхность.

Практически скорость ракеты при встрече с Луной будет больше. Получается так потому, что в сферу действия Луны ракета или станция входит со скоростью, отличной от нуля. Можно подсчитать, что скорость «жесткой» встречи Луны и космического аппарата практически будет, как правило, не меньше чем 3 км/сек, что втрое больше скорости обыкновенной пули.

Возьмем конкретный пример — советская станция «Луна-2», впервые прилунившаяся в Море Дождей. Границу сферы действия Луны она пересекла со скоростью 2,3 км/сек. Запущенная 12 сентября 1959 г., эта станция (и ракета) 14 сентября в 0 час 02 мин 24 сек врезалась в лунную поверхность под углом в 60° и со скоростью 3,3 км/сек. Есть все-таки надежда, что когда-нибудь космонавты найдут в этом месте Луны (как раз посередине между кратерами Архимед, Аристидилл, Автолик) вымпел

лы Советского Союза — для их сохранности применялись некоторые средства амортизации.

Это было первое попадание в Луну. Впервые предмет, созданный человеческими руками, был перенесен, пусть не слишком «аккуратно», на поверхность соседнего небесного тела!

Через 3 года американцам удалось повторить жесткое прилунение. Ценными оказались фотоснимки лунной поверхности, полученные с близких расстояний аппаратами серии «Рейнджер».

На этих фотографиях старый лик Луны предстал совсем в новом виде. Выявились подробности, о которых никто и не подозревал. Оказалось, например, что «кратерность» — характернейшее свойство Луны, так сказать, на всех уровнях. Крупнейшие из лунных кратеров хорошо различимы уже в бинокль. Небольшой телескоп показывает их сотни, крупный — многие тысячи.

На снимках, сделанных непосредственно перед гибелью аппарата «Рейнджер», различимы кратеры поперечником в метры и даже дециметры, причем общее их количество на лунной поверхности должно измеряться миллиардами!

Эти маленькие кратерки и кратерочки, по-видимому, «шрамы» от непрерывной метеоритной бомбардировки на протяжении сотен миллионов лет. Крупные же кратеры, как и многие другие формы лунного рельефа, должны иметь вулканическое происхождение.

Советские и американские космические аппараты детально обследовали окрестности Луны, выявили интереснейшие особенности лунной поверхности.

Благодаря им мы уточнили массу Луны, узнали, что она практически лишена магнитного поля и радиационных поясов, что если Луна и покрыта слоем пыли, то он не толще нескольких сантиметров и космический корабль в нем не утонет.

Советская станция «Луна-9» 3 февраля 1966 года впервые мягко опустилась на лунную поверхность в районе Моря Дождей.

Луна лишена воздушной оболочки — если и есть вокруг Луны газовая атмосфера, то плотность ее, по крайней мере, в миллиард раз меньше плотности комнатного воздуха. Значит, при спуске на Луну использовать «па-

рашютные» средства, то есть аэродинамическое торможение, нельзя. Годится другой способ — использование бортовых «тормозных» реактивных двигателей. Если в начале маневра аппарат по команде с Земли развернуть так, чтобы струи газов, вырывающиеся из сопел тормозных двигателей, «сбивали» скорость аппарата, то в принципе можно в момент прилунения уменьшить скорость встречи с Луной почти до нуля.

Но это легко сказать — «в принципе»! Надо заранее рассчитать, в какой точке траектории включить тормозные двигатели. Если они начнут действовать слишком поздно, то не успеют «сбить» скорость до нуля и аппарат весьма «жестко» врежется в лунную поверхность. Но плохо, если двигатели будут включены и чересчур рано. Тогда они кончат работать не в момент прилунения, а раньше, и оставленный ими преждевременно аппарат упадет с некоторой высоты на лунную поверхность. В итоге тот же результат — жесткая, катастрофическая посадка!

Значит, главное — выбрать нужный момент. Нужно при этом учитывать, что реальная траектория всегда отличается от расчетной. Следовательно, радиоаппаратура лунной ракеты должна поставлять информацию об отклонении реальной траектории от расчетной, а те, кто управляет с Земли полетом ракеты, должны непрерывно «перестраиваться на ходу» и вносить требуемые корректизы. Тут неоценимую помощь оказывают и вычислительные машины.

Еще одна любопытная деталь — приходится при расчетах учитывать поправку на скорость света. В земной практике в этом необходимости нет — за 1 сек луч света способен 9 раз облететь вокруг земного шара. Если же КА находится вблизи Луны, то радиоволны (столь же быстрые, как и лучи света) проделывают путь «туда и обратно» почти за 3 сек! Срок не малый, если учесть, что за секунду КА пролетает несколько километров. Значит, выбрать момент для подачи команды на включение тормозных двигателей без поправки на скорость распространения радиосигнала нельзя.

И все же, какие бы старания ни прилагались, сделать посадку абсолютно мягкой не удастся, хотя бы из-за неизбежных случайных ошибок в работе аппаратуры. Можно быть довольным (по крайней мере сейчас), если ско-

рость встречи с Луной будет уменьшена до нескольких метров в секунду — скорости бегущего человека. Если это сделано, дальнейшее «смягчение» посадки производится за счет разных амортизационных средств — механических и иных. Пригодны даже амортизационные подушки, наполненные воздухом. Годится и старый способ сохранения хрупкой посуды. При упаковке ее прокладывают смятой газетой. Можно использовать в качестве амортизационных устройств смятые станиолевые листы. Неплохи и гидроамортизаторы и механические амортизаторы известного на Земле типа. Словом, смягчить удар при скорости соударения несколько метров в секунду уже не проблема.

Сама по себе мягкая посадка «Луны-9» — величайший триумф космонавтики. А тут еще изображения Луны (рис. 41), необычно близкие, фантастичные и в то же время реальные! Хотелось даже дотронуться до того лунного камня, который обращал на себя внимание при первых телепередачах с Луны.

На протяжении полутора лет удалось мягко прилучиться четырем лунным станциям — двум советским («Луна-9» и «Луна-13») и двум американским («Сервейер-1» и «Сервейер-3»).

Автоматические лунные станции сообщили на Землю сведения исключительной важности. Впервые Луна оказалась рядом — на снимках, переданных с Луны, видны мельчайшие детали в доли сантиметра. И хотя дальность горизонта во всех четырех случаях была небольшой, удалось обнаружить любопытнейшие подробности.

Прежде всего рассеяны последние сомнения насчет твердости лунной поверхности. Да, она вполне тверда и, судя по всему, представляет собой спекшуюся, ноздреватую, похожую на пемзу породу — результат взаимодействия лунных пород и непрерывно бомбардирующих их метеоритов.

Ступать по лунной поверхности можно вполне уверенно, хотя, может быть, что-то иногда «захрустит» под ногами. Этого, правда, вы не услышите — на Луне звуков нет, но просто под вашей тяжестью может подломиться хрупкий поверхностный слой. Возможно, именно этими причинами была вызвана неожиданная «осадка» нашей первой станции «Луна-9».

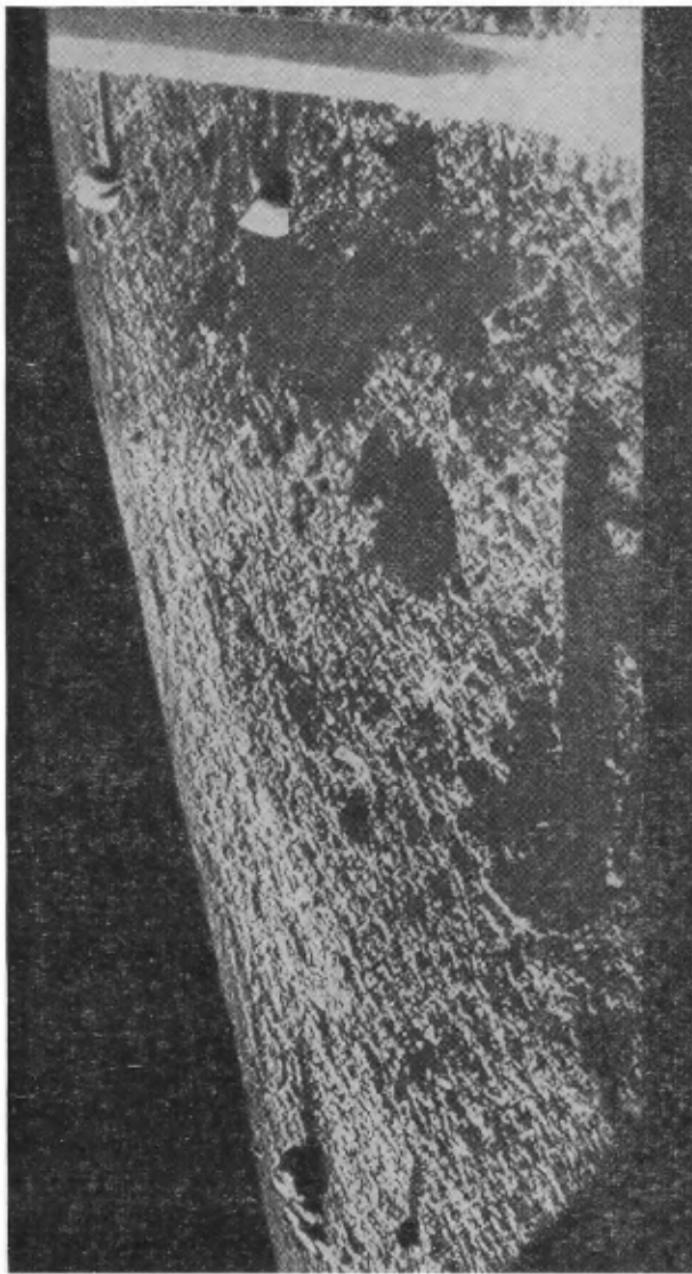


Рис 41. Фрагмент панорамы лунной поверхности, переданный на Землю АМС «Луна-9»

На лунных панорамах, кроме мелких неровностей, всюду видны какие-то камни (рис. 42). Их очень много и (обратите на это внимание!) они лежат на ровной или почти ровной поверхности — под ними нет больших углублений. Разумеется, это не метеориты. Даже при мини-

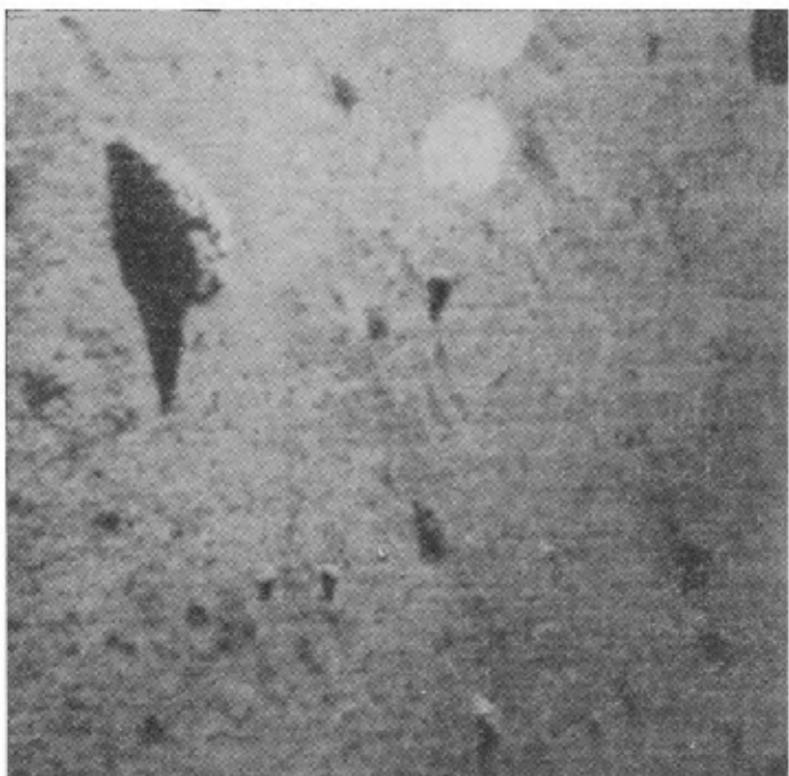


Рис. 42. Этот снимок передан с Луны на Землю АМС «Сервейер-1». На нем виден крупный лунный камень

мальной скорости встречи с Луной ( $2,3 \text{ км/сек}$ ) любой метеорит непременно образует кратер. Лунные камни — продукт раздробления лунных пород, причина которого пока не ясна.

На лунных панорамах, полученных первыми прилунившимися станциями, видны следы некоторых лунных кратеров, многочисленные трещины.

Любопытны «линейные структуры», нечто вроде плотных прожилок лунной поверхности, пересекающихся под разными углами.

В апреле 1967 г. американская лунная станция «Сервейер-3» сделала первую непосредственную пробу лунного грунта. Миниатюрный экскаватор, объем ковшика которого не превосходил объема граненого стакана, зачерпнул лунный грунт, вырыв ямку глубиной 5 см. Позже первый лунный экскаватор прокопал три траншечки, углубив одну из них примерно до 20 см. Пробы грунта переносились на белую подставку, и телевизорное изображение всех этих операций передавалось на Землю. Судя по этим экспериментам, лунный грунт в районе посадки «Сервейер-3» крупно-комковатый, зернистый с некоторой вязкостью и по этим своим качествам он несколько напоминает влажный песок.

## Луна Луны

Еще в прошлом веке были предприняты поиски второй Луны, второго естественного спутника Земли. Искали и Луну Луны — гипотетический лунный спутник. Розыски были продолжены и в этом веке и столь же безрезультатно. Учитывая оптические возможности примененных телескопов, можно сегодня сформулировать такой вывод: если в окрестностях Земли или Луны есть неизвестные естественные спутники, то их поперечник не больше нескольких метров (при больших размерах их бы непременно заметили).

То, что, по-видимому, не было создано природой, создал человек. 3 апреля 1966 г. советская автоматическая станция «Луна-10» была превращена в первый искусственный спутник Луны. Произошло это так.

Сначала мощная ракета-носитель вывела «Луну-10» на орбиту искусственного спутника Земли со следующими параметрами: высота перигея 200 км, высота апогея 250 км, наклонение к плоскости земного экватора 52°. Затем по команде с Земли «Луна-10» была направлена к Луне. При этом «целились» не в Луну, а в точку, отстоявшую от лунной поверхности примерно на тысячу километров.

Сферу действия Луны станция пересекла со скоростью около 1 км/сек, а затем при «падении» в сторону Луны ее скорость возросла до 2,1 км/сек (относительно Луны). Если бы в это время «Луна-10» была предоставлена самой себе, она промчалась бы мимо Луны по гиперболической орбите. Задача состояла в том, чтобы уменьшить скорость станции до такой величины, которая соответствует эллиптической орбите относительно Луны.

Так и поступили. Примерно в восьми тысячах километров от поверхности Луны по команде с Земли станция была ориентирована так, что сопло ее бортового двигателя оказалось направленным в сторону движения. После включения двигателя скорость станции снизилась до 1,25 км/сек и она вышла на окололунную орбиту. Через 20 сек после окончания работы двигателя станция была отделена от двигательной системы, и тем самым ее предоставили воздействию практически одной силы — гравитации Луны.

Вот первоначальные параметры орбиты первого искусственного спутника Луны: наименьшее расстояние до лунной поверхности 350 км, наибольшее 1017 км, наклонение к плоскости лунного экватора 72°.

Иногда думают, что из-за отсутствия лунной атмосферы спутники Луны будут существовать вечно. Разумеется, слово «вечно» — чересчур сильное. Как известно, «ничто не вечно под луною» да и рядом с ней. Но все-таки, если не вечен, то насколько долговечен может быть лунный спутник?

Луна — не идеальный шар, а внутри нее вещество распределено далеко не равномерно. Уже по этим причинам орбита лунного спутника будет хотя и медленно, но непрерывно меняться. Прибавьте к этому возмущающее действие Земли и Солнца, давление солнечных лучей, столкновение с частицами космической пыли и метеоритами.

Если говорить лишь о гравитационных возмущениях, то под их действием форма, величина и положение в пространстве орбиты лунного спутника будут меняться периодически. К сожалению, мы плохо знаем гравитационное поле Луны и не исключено, что амплитуда этих периодических «колебаний» орбиты окажется достаточно большой. Тогда лунный спутник может попросту врезаться в

поверхность Луны. Случится это, однако, никак не ранее чем через несколько лет, так как параметры орбиты меняются медленно. А может быть, столкновение с Луной или, наоборот, переход спутника на гиперболическую орбиту произойдет в далеком будущем, когда и нужда в таких спутниках отпадет. Во всяком случае спутники Луны достаточно долговечны для того, чтобы сообщать на Землю ту очень ценную информацию, ради которой их и запускают.

За «Луной-10» искусственными спутниками Луны стали еще две советские станции «Луна-11» и «Луна-12», а также американские станции типа «Лунар Орбитер». Они оказались отличными разведчиками лунного мира. Кроме сбора сведений о физических свойствах околослунного пространства, лунные спутники передают на Землю крупномасштабные фотографии лунной поверхности. На этих снимках различимы такие детали, о которых астрономы раньше не могли и мечтать. Между прочим, бросается в глаза явно вулканическое происхождение многих лунных форм. Обращают на себя внимание застывшие потоки когда-то расплавленного вещества — лунной лавы. Видны и лунные купола — образования, напоминающие отчасти наши земные вулканы.

Если лунные станции, совершающие мягкую посадку на Луне, дают подробные сведения об очень небольших участках лунной поверхности, то лунным спутникам доступны для фотографирования огромные пространства лунного мира.

Лунные спутники сообщили некоторые интересные новости и о физических свойствах Луны. Уже «Луна-10», первый лунный спутник, зафиксировала, правда, очень слабые следы магнитного поля Луны. Оно по напряженности, по-видимому, в десятки тысяч раз слабее земного, но все же существует. Заметим, однако, что полной уверенности в таком выводе пока нет.

Два счетчика заряженных частиц того же спутника «Луна-10» отметили, что вблизи Луны интенсивность радиации в 10—20 раз больше обычного фона, создаваемого космическими лучами. Чем это вызвано, пока сказать трудно.

Солнечные корпульсы и частицы космических лучей, сталкиваясь с Луной, порождают в ее поверхностных

слоях интенсивное гамма-излучение. Лунные спутники измерили и его, причем оказалось, что содержание радиоактивных элементов (урана, тория и других) в лунных породах, по-видимому, соответствует содержанию тех же элементов в базальтовых породах Земли.

И еще одна деталь — в окрестностях Луны датчики спутников зарегистрировали повышенное количество мелких твердых частиц — количество ударов почти в сто раз получалось большим, чем в межпланетном пространстве. Можно думать, что и вокруг Луны, как и около нашей планеты, есть какое-то сгущение метеорной пыли.

Нет, что там ни говорите, а спутники Луны уже сегодня проявили себя как великолепные разведчики соседнего мира.

## Первые люди на Луне

К высадке на Луну американцы готовились около десяти лет. На реализацию проекта «Аполлон» — так была названа эта космическая программа — затрачены колоссальные средства — около 25 миллиардов долларов. На протяжении последнего десятилетия неоднократно публиковались различные схемы лунного космического корабля «Аполлон», одну из которых вы видите на рис. 43. Разберемся в некоторых подробностях этой схемы.

Наверху — кабина космонавтов, под ней — отсек системы для взлета с Луны. Еще ниже — отсек системы для посадки на Луну, баки с жидким водородом и кислородом и, наконец, откидывающиеся опоры, на которые корабль опирается при прилунении. Внешне этот отсек напоминает лунные станции, уже неоднократно мягко садившиеся на поверхности Луны, но только «Аполлон» гораздо их крупнее.

В качестве ракет-носителей в проекте «Аполлон» использовались мощные ракеты серии «Сатурн», о двигателях которых мы уже упоминали.

Первой лунной экспедиции предшествовали тренировочные испытательные полеты как вокруг Земли, так и с облетом Луны. В этих полетах отрабатывались отдель-

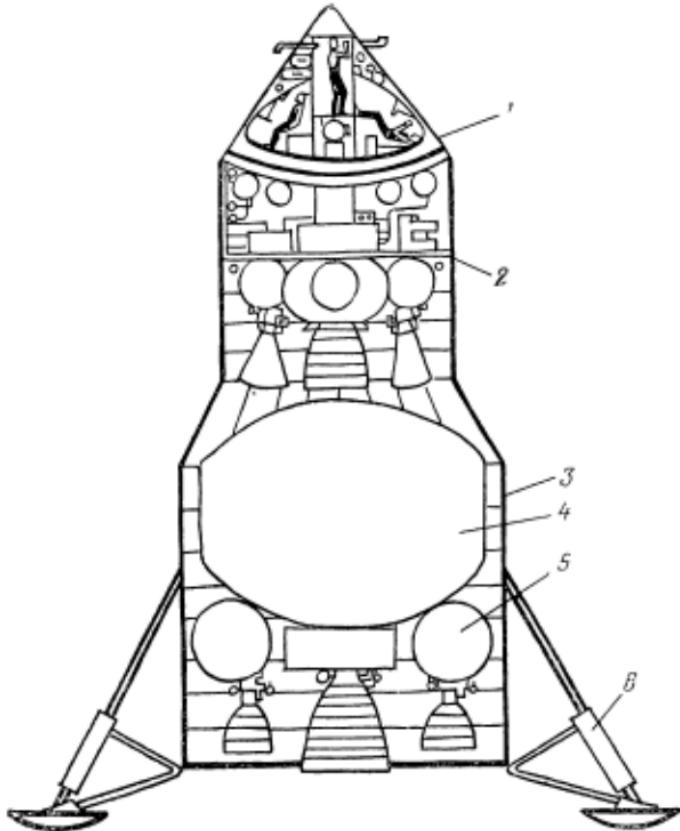


Рис. 43. Схема космического корабля «Аполлон»:

1 — отсек экипажа; 2 — отсек системы взлета с Луны; 3 — отсек системы посадки на Луну; 4 — бак жидкого водорода; 5 — бак жидкого кислорода; 6 — откидывающиеся опоры, на которые корабль устанавливается на Луне

ные элементы программы, без которых высадка космонавтов на Луне была бы невозможна.

Американские корабли «Аполлон-7» и «Аполлон-9» испытывались на орbitах спутников Земли, тогда как «Аполлон-8» и «Аполлон-10» совершили первые пилотируемые облеты Луны. Интересны некоторые подробности полетов этих кораблей.

Экипаж «Аполлона-8» состоял из трех космонавтов — командира Фрэнка Бормана, Джеймса Ловелла и Уильяма Андерса. 21 декабря 1968 г. ракета-носитель «Сатурн-5» вывела корабль на околоземную орбиту, а затем,

спустя два с половиной часа — на траекторию полета к Луне.

Через трое суток «Аполлон-8» подлетел к Луне и успешно лег на орбиту ее спутника. Всего он совершил вокруг Луны десять витков. Впервые с высоты около 113 километров люди непосредственно наблюдали унылые пейзажи соседнего мира. Радиоволны донесли до Земли первые впечатления американских космонавтов: «Мили и мили пустынной местности... Луна в основном серая, как алебастр. Ее поверхность напоминает грязный песок на пляже со множеством следов»\*.

В мае 1969 г. в облет Луны отправился «Аполлон-10», экипаж которого составили космонавты Ю. Сернан, Т. Страффорд и Д. Янг. В этом полете, когда корабль находился на орбите спутника Луны, от него отделилась лунная кабина, управляемая Страффордом и Сернаном, тогда как Янг остался внутри корабля «Аполлон-10». Лунная кабина совершила ряд маневров, при одном из которых она спустилась к Луне до высоты 15 км. Затем кабина вернулась к кораблю, состыковалась с ним и 26 мая 1969 г. «Аполлон-10» благополучно приводнился на просторах Тихого океана.

После всех этих репетиций в июле 1969 г. был совершен полет корабля «Аполлон-11», кульминационным этапом которого была первая в истории человечества высадка космонавтов на Луне. Этот выдающийся полет широко освещался в нашей прессе, и здесь мы остановим внимание читателя только на некоторых интересных и важных подробностях.

Ракета «Сатурн-5» вместе с кораблем «Аполлон-11» при высоте 109 м и диаметре 10 м весила без малого 3000 т. Основной блок, включающий в себя отсек экипажа и двигательный отсек, имел длину 10 м и диаметр около 4 м. Наконец, лунная кабина «Орел» высотой около 7 м весила почти 15 т.

Старт «Аполлона-11» состоялся 16 июля 1969 г. Возглавил экипаж корабля Нейл Армстронг. Его спутниками были Эдвин Олдрин и Майкл Коллинз. Через трое суток 19 июля «Аполлон-11» превратился в искусственного спутника Луны, а на следующий день была проведена самая ответственная операция — отделение лунной

\* «За рубежом» № 1, 1969 г.

кабины, пилотируемой Армстронгом и Олдрином (Коллинз оставался на «Аполлоне-11») и мягкая посадка ее на Луну.

Сложный полет, потребовавший от американских космонавтов большого мужества и находчивости, закончился вполне благополучно. 20 июля 1969 г. в 23 часа 18 минут по московскому времени первый человек, командир «Аполлона-11» Нейл Армстронг, вступил на поверхность Луны на территории Моря Спокойствия (рис. 44). Мил-

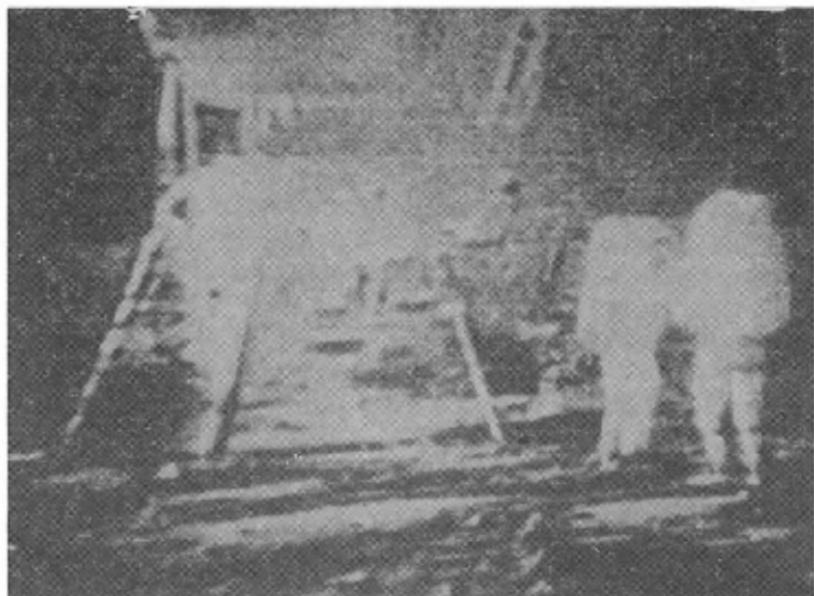


Рис. 44. Американские космонавты Нейл Армстронг и Эдвин Олдрип по поверхности Луны

лионы телезрителей видели, как это происходило. Но предоставим сейчас слово самим участникам этой первой лунной экспедиции. Рассказывает Нейл Армстронг\*:

«День прилунения длился очень долго, и все это время у нас не было ни минуты покоя. ...когда мы спустились ниже 3 тысяч футов, нам впервые удалось посмотреть наружу. Горизонт на Луне очень близкий, поэтому с такой высоты многого не увидишь...

...на высоте тысячи футов нам стало ясно, что «Орел» хочет сесть на самом неподходящем участке... Было бы

\* «За рубежом» № 36, 1969 г.

интересно сесть среди валунов... Соблазн был велик, но здравый смысл все же взял верх. Мы понеслись над самыми валунами, выбирая место для посадки немного западнее. Нам попалось несколько как будто бы подходящих площадок... Та, на которую пал наш выбор, была размером с большой садовый участок. С одной стороны ее окаймляли приличных размеров кратеры, а с другой — местность, усеянная мелкими камнями... Здесь я и посадил «Орла»...

Нам понадобилось несколько больше времени, чтобы выбраться из «Орла», чем предполагалось, но не потому — как полушутя предположила моя жена и, возможно, кое-кто еще, — что я обдумывал, что сказать, ступив на Луну. Я думал об этом еще до полета... И лишь после прилунения я решил, что сказать: «Один небольшой шаг для человека, огромный скачок для человечества»...

Из лунной кабины небо казалось черным, а снаружи Луна была освещена дневным светом, и ее поверхность казалась коричневатого цвета. Свет на Луне обладает какой-то странной способностью изменять естественные цвета предметов... Если смотреть вдоль своей тени или против солнца, поверхность коричневатая. Если солнце сбоку, она более темная, и кажется очень, очень темной, когда смотришь на Луну прямо вниз, особенно в тени... Структура лунной почвы мелкозернистая, почти как у муки, но в ней есть и более крупные частицы, наподобие песка. Попадаются, конечно, и камни и осколки камней разных размеров.

Сейчас уже довольно хорошо известно, какие предметы мы оставили на Луне. Особое удовольствие нам доставило поместить там эмблему космического корабля «Аполлон-1» в память о наших друзьях-астронавтах Грэссоме, Уайте и Чэффи и медали в честь Гагарина и Комарова».

А вот впечатление другого человека, побывавшего на Луне, Эдвина Олдрина: \*

«Технически самой трудной для меня задачей был забор проб лунного грунта, для чего было необходимо заглубить в грунт трубыки пробоотборников. Мягкий порошкообразный грунт Луны обладает удивительной со- противляемостью уже на глубине нескольких дюймов...

\* «За рубежом», № 36, 1969.

При всей своей сопротивляемости этот грунт настолько рыхлый, что не удерживал трубку в вертикальном положении... Когда я наконец взял пробу грунта, по тому, как он прилипал к поверхности трубы, казалось, что грунт этот имеет влажную консистенцию...

Находясь на поверхности Луны, мы не ощущали никаких запахов ни в скафандрах, ни в гермошлемах. Вернувшись в кабину и сняв шлемы, мы почувствовали какой-то запах..., едкий, как запах пороха. Мы занесли в кабину довольно много лунной пыли... Запах ее мы почувствовали сразу».

Ходьба по Луне не вызвала каких-либо особых усилий у космонавтов — наоборот, ослабленная тяжесть при всей непривычности ощущений облегчала передвижение. Кроме сбора лунных камней и лунного грунта, Армстронг и Олдрин выполнили и другие поручения. На поверхности Луны они установили чувствительный сейсмометр. С помощью специального радиоустройства этот прибор будет передавать на Землю сигналы о «лунотрясениях». Другой, не менее любопытный прибор — лазерный отражатель. Уже после завершения полета «Аполлона-11» американским ученым удалось направить с Земли на этот отражатель луч лазера и по ответному «зайчику» вычислить расстояние до Луны (в момент наблюдения!) с невиданной до сих пор точностью: 373 787 265 м.

Два с половиной часа продолжалась первая прогулка по Луне. Затем, захватив с собой лунные камни, Армстронг и Олдрин вернулись в лунную кабину, которая, взлетев с поверхности Луны, состыковалась на окололунной орбите с «Аполлоном-11». 24 июля 1969 г., после восьмидневного путешествия первые посетители Луны благополучно приводнились в Тихом океане.

«Запуск первого спутника, — писал академик Б. Н. Петров \*, — триумфальный полет по орбите вокруг Земли первооткрывателя космоса Юрия Гагарина, выход человека в открытое космическое пространство, впервые осуществленный Алексеем Леоновым, первые полеты космических станций к Луне, Венере, Марсу и, наконец, выдающийся полет космического экипажа «Аполлон-11» — вот основные вехи в истории освоения космического пространства человеком».

\* «Вечерняя Москва» от 8 августа 1969 г.

«В некоторых случаях остроту приобретает вопрос: чему разумно отдать предпочтение — автоматическим станциям, летающим в космосе лабораториям или космическим кораблям с космонавтами на борту? Разумеется, необходимо и то, и другое» — таково авторитетное мнение академика Л. И. Седова \*. «Высадка человека на Луну — добавляет он — войдет в летопись двадцатого века, как важное событие».

Наконец, оценка полета «Аполлона-11», данная нашим космонавтом и ученым К. П. Феоктистовым \*\*:

«Высадка на Луну — это акт самоутверждения всего человечества. Успех высадки на Луну позволяет людям увереннее смотреть на те перспективные сложные задачи, которые предстоит решить человечеству на пути овладения космическим пространством, на пути дальнейших исследований солнечной системы».

## Лунный камень на ладони

Еще задолго до того, как с Луны на Землю были доставлены первые лунные камни, астрономы достаточно уверенно представляли себе, как должен выглядеть поверхность слой Луны. На ясном темном зимнем небе полная Луна кажется ослепительно яркой. Можно подумать, что ее поверхность сложена из очень светлых, серебристых пород. Но это совсем не так. Наземными средствами наблюдения (тут потребовались спектрографы и другие оптические приборы) надежно установлено, что Луна отражает всего 7% солнечного света, а окраска видимых в телескоп лунных пород темно-серая, с коричневатым оттенком.

Можно было предсказать и некоторые механические свойства лунного грунта. На протяжении миллиардов лет, непрерывно испытывая метеоритную бомбардировку (главным образом бесчисленными мелкими и мельчайшими микрометеоритами), Луна покрылась коркой из спекшегося при взрывах метеоритов материала. Этот материал должен был состоять как из вещества взорвавшегося

\* «Правда» от 23 июля 1969 г.

\*\* «Известия» № 170, 1969 г.

метеорита, так и из вещества первоначального поверхностного слоя Луны.

Предполагалось, что грунт Луны по своим механическим свойствам наиболее схож с пемзой. На самом деле, как показали эксперименты, проделанные приувившимися автоматическими станциями, а также результаты экспедиции «Аполлона-11», поверхностный слой Луны напоминает крупный песок. Нашли объяснение и этому неожиданному факту. Оказывается, в условиях вакуума мелкая пыль — продукт раздробления лунных пород при ударах микрометеоритов — способна спекаться, образуя зерна миллиметровой величины. Этому процессу, кстати сказать, способствуют резкие температурные перепады, существующие на Луне.

Как это ни удивительно, но даже химический состав поверхностных слоев Луны удалось узнать, не покидая родную планету. Речь идет об оригинальном методе радиозондирования, впервые примененном в г. Горьком известным советскимadioastronomом проф. В. С. Троицким. Оказывается, из наблюдений радиоизлучения Луны можно, сопоставляя их с соответствующими лабораторными данными, найти плотность и состав лунного грунта. По данным горьковских radioastrономов, лунный грунт состоит на 58% из химически связанного кислорода и 17% кремния. Из остальных химических элементов выделяется лишь алюминий (9%). Повторяем, что все эти элементы существуют не в свободном виде, а входят в состав весьма распространенных и на Земле минералов — главным образом кварца  $\text{SiO}_2$  и корунда  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Замечательно, что это «наземное» зондирование Луны близко совпало с результатами непосредственного исследования лунного грунта, которое провели лунные станции «Сервейер».

И все-таки интерес к лунным камням, доставленным на Землю экипажем «Аполлона-11», был необычайным. Как величайшую драгоценность эти кусочки Луны были доставлены в лунную приемную лабораторию на двух самолетах (второй из них был для «подстраховки!»). Для исследования камней оборудовали специальные подземные апартаменты глубиной в шесть этажей. Не зная заранее, вредоносны ли лунные камни, не содержат ли они в себе каких-то сверхстойких лунных бактерий, способных размножиться и причинить ущерб человечеству,

американские ученые старались соблюсти все самые строжайшие меры предосторожности.

К счастью, все кончилось благополучно. Космонавты, слетавшие на Луну, не перенесли на Землю вредоносных бактерий и привезенные ими лунные камни оказались стерильными. Что же касается химического состава и строения лунных камней, то даже предварительные данные об этом очень интересны.

4 августа 1969 г. впервые был открыт контейнер с лунной пылью и обломками лунных скал. Как и следовало ожидать, лунная пыль имеет серый цвет. На поверхности обломков, состоящей примерно на 40% из темных и на 60% из светлых пород, обратили на себя внимание белые и серовато-коричневые кристаллы.

В составе лунной пыли оказалось много мелких стеклянных шариков — недаром американским космонавтам лунная поверхность в некоторых местах показалась скользкой. Стеклянные шарики имеют в поперечнике несколько десятых долей миллиметра. Окраска их различна — есть среди них темно- и светло-коричневатые, а также желтые. Многообразна и форма — некоторые кусочки лунного стекла не шарообразны, а вытянуты наподобие крошечной дыни. Встречаются даже и очень вытянутые, сигарообразной формы.

Эти мельчайшие стеклянные образования — результат ударов микрометеоритов. Они напоминают те стекловидные шарики, которые находят и в составе оседающей на Землю космической пыли. Вместе со спекшимися более крупными зернами лунной пыли лунные стеклы составляют поверхностный слой Луны.

В составе лунных скал найдено большое количество окиси титана, которая редко встречается на поверхности Земли.

Среди лунных минералов найдены оливин и полевой шпат. В одном осколке лунных скал замечены следы слоистости. В целом складывается достаточно уверенное впечатление, что в формировании поверхностных слоев Луны большая роль принадлежала и, по-видимому, принадлежит вулканическим процессам.

В лунных камнях не нашли никаких следов гипотетических лунных организмов. Правда, из некоторых образцов выделено в очень небольшом количестве органическое вещество. Однако до сих пор неясно, принадлежит

ли оно Луне или это земное загрязнение, привнесенное в лунную породу.

Впрочем, все это пока лишь предварительные данные. Изучение лунных камней продолжается \*.

## Маршруты лунных экспедиций

Прежде чем отправиться в путешествие, серьезный турист всегда намечает маршрут. Стоит ли говорить, что для будущих лунных экспедиций такое начало абсолютно необходимо. Представьте себе, что выбор места посадки и составление маршрута лунной экспедиции

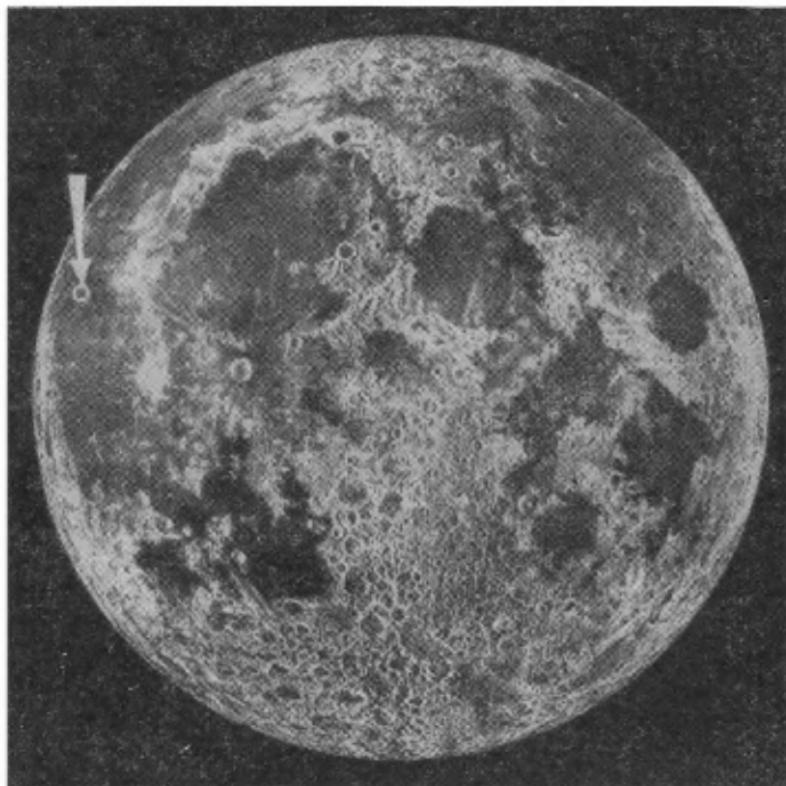


Рис. 45. Карта видимой стороны Луны. Стрелкой показан район прилунения АМС «Луна-13»

\* В ноябре 1969 г. новая партия лунных камней была доставлена на Землю экипажем американского космического корабля «Аполлон-12».

поручено нам с вами. Раскроем лунную карту (рис. 45) — попробуем решить задачу.

Прежде всего исключим обратную сторону Луны, как район для первых прилунений и экспедиций явно неподходящий. Дело даже не в том, что невидимое полушарие Луны изучено пока явно недостаточно. Посадив лунный модуль на обратную сторону Луны, туда, откуда не видна Земля, мы лишим космонавтов возможности прямой радиосвязи с их родиной. Конечно, когда в будущем вокруг Луны появятся ретрансляционные станции-спутники, приведенный аргумент утеряет свою силу, но пока прилуняться придется на видимом полушарии Луны.

Здесь еще со временем Галилея телескопы фиксируют огромное количество кольцеобразных гор начиная с исполинского кратерного Моря Кризисов до мельчайших лунок. Особенно много кратеров в южном полушарии Луны, в этой исключительно гористой местности. Мы уже отмечали, что лунные горы (как валы кратеров, так и горные цепи) очень высоки, с остроконечными вершинами и уступами, почти не слаженными эрозией. Посадка в гористой местности — операция, несравненно более сложная, чем прилунение в каком-нибудь лунном море. Правда, дно морей не абсолютно гладко, но неровности, там наблюдаемые (жилы, купола и т. п.), принадлежат к «мягким» формам рельефа, что, конечно, облегчает посадку.

Кроме огромной равнины Океана Бурь, можно наметить и другие районы, благоприятные для посадки. Таково, например, Море Дождей — второе по величине темное пятно на лице Луны. Границы этого моря отмечены исполинскими горными хребтами — лунными Апеннинами и Альпами. С севера к Морю Дождей примыкает таинственный кратер Платон, на дне которого, быть может, есть какая-то лунная растительность. Южную часть Моря Дождей пересекают светлые лучи кратеров Коперник и Кеплер — образования, природа которых неясна. Здесь же в этом море космонавты встретят и уникальную гору Пико, и протяженные жилы, загадочные купола.

Когда пассажирские полеты на Луну будут достаточно освоены, можно попытаться прилуниться и в меньших лунных морях, например в Море Ясности, где в районе кратера Линней уже более века наблюдаются какие-то загадочные изменения.

О том, как выглядит наша планета с Луны, мы теперь имеем достаточно наглядное представление.

Земля прежде всего, вероятно, удивляет своими видимыми размерами — на небе Луны она занимает площадь в 14 раз большую, чем Луна на небе Земли. Луна восходит и заходит — к этому мы привыкли. А вот Земля будет почти неподвижно висеть в лунном небе, лишь благодаря либрации слегка и очень медленно «покачиваясь» около некоторого среднего положения. При этом она, конечно, меняет фазы, представляясь глазу то серпом, то полумесяцем, то полным диском. И при этом от «полноземелия» до «новоземелия» пройдет около месяца.

Что касается Солнца, то оно на Луне тоже ведет себя необычно. Лунные сутки, как известно, равны почти 27 земным и поэтому восходить, двигаться по лунному небу и заходить Солнце будет крайне медленно.

И что будет казаться совсем необычным, хотя бы поначалу, так это «существование» Солнца и звезд. Когда на Луне наступает день, звезды не исчезают, а продолжают светить так же ярко, как и ночью, кроме тех, что находятся рядом с нестерпимо ярким Солнцем. Солнечная ночь или звездный день — как хотите называйте эту картину.

Когда на Земле произойдет полное лунное затмение, с Луны космонавты увидят солнечное затмение. Оно очень эффектно (отлично видны корона, протуберанцы, доступные для наблюдения и в иные моменты) и очень продолжительно — до нескольких часов. В моменты, когда Луна отбрасывает тень на Землю, в тех местах, по которым проходит эта тень, земляне наблюдают солнечное затмение. Сказать же про лунных наблюдателей, что они видят «земное» затмение, конечно, нельзя — видно лишь как маленькое пятнышко лунной тени бежит по диску Земли.

Звездное небо на Луне такое же, как и на Земле — те же звезды, те же созвездия. Только из-за черноты неба здесь даже невооруженным глазом видны звезды до 7—8-й звездной величины, т. е. звезд можно будет увидеть в сотни раз больше, чем их видно с Земли.

А вот Полярная звезда здесь утратила значение путеводной звезды. Ось вращения Луны направлена в созвездие Дракона, и в лунном небе роль Полярной звезды выполняет звезда Омега из созвездия Дракона. Вокруг нее,

или точнее вокруг точки, отстоящей от нее на несколько градусов, очень медленно «вращается» лунное звездное небо. Бросается в глаза еще одна особенность — звезды не мерцают, Млечный Путь и туманности исключительно ярки, а по лунному небу не проносится ни одна падающая звезда...

Осмотревшись, мы отправляемся по намеченному маршруту. Если он невелик, можно перемещаться пешком, точнее, прыжками — ведь на Луне каждый из нас будет весить всего 10—15 кг и при такой «легковесности» может легко прыгать в длину и в высоту на несколько метров!

В случае, когда избранная цель далека, придется воспользоваться каким-нибудь транспортом.

На этот счет предложено немало проектов. Тут и легкие лунные танкетки, и неуклюжие лунные вездеходы, и даже реактивные вертолеты «местного значения». Вероятно, в процессе постепенного освоения Луны все они пригодятся, все найдут себе наиболее эффективное применение. Но в первых лунных походах, когда в лунном корабле экономится буквально каждый грамм, прихватить с собой танкетки и вездеходы вряд ли удастся. Скорее пригодятся индивидуальные небольшие реактивные двигатели.

При посадке на Луну и тем более в лунных походах надо научиться ориентироваться. Где прилунилась кабина, где находится лунная экспедиция, куда направиться дальше, который час — вот простейшие вопросы, требующие ответа.

А свет непрост. Определить стороны горизонта по компасу не удастся — магнитного поля на Луне практически нет. Использовать «местные признаки», но какие? Единственный выход — ориентироваться по звездам, Солнцу, Земле, благо они здесь всегда видны и плохой погоды можно не опасаться.

На вопрос «где» ответ должен содержать селенографические координаты — долготу и широту в воображаемой лунной координатной сетке. В интересной книге К. А. Ку-

---

\* К. А. Куликов, Первые космонавты на Луне, изд-во «Наука», 1965.

ликова\* весьма обстоятельно описаны разные способы решения этой задачи. Здесь же мы укажем лишь идеи, принципы.

Широту можно найти, как и на Земле, измеряя (прямо или косвенно) угловую высоту небесного полюса (приблизенно — звезда Омега Дракона) над плоскостью лунного горизонта. Долготу, пожалуй, удобнее всего измерить по положению Солнца относительно лунного небесного меридиана, заранее зная, конечно, по таблицам, составленным перед стартом, положение Солнца на небе Луны для различных лунных долгот. Что же касается вопроса «когда», то наилучшим образом на него ответят кварцевые, атомные или иные наиболее совершенные современные часы, которые космонавты непременно будут иметь при себе.

Таковы принципы. Если же говорить о деталях, то разрабатываются сейчас многочисленные способы и технические средства для ориентации в лунном мире. Сильно осложняет задачу абсолютное безмолвие лунного мира и отсутствие лунной атмосферы. Если над ухом выстрелят из винтовки — ничего не услышишь. Грандиозные горные обвалы будут только видны, но не слышны — совсем как в «немом» кино. Так что звук как средство связи на Луне непригоден.

Радиосвязь возможна лишь в зоне прямой видимости (если не использовать какие-нибудь ретрансляторы). Световые сигналы (типа ракет) возможны, но радиус их действия достаточно ограничен.

Остается Земля, всегда видимая с обращенного к ней полушария и потому в принципе всегда доступная для радиосвязи. Может быть, именно через Землю будут переговариваться две далекие друг от друга лунные экспедиции?

Но все эти затруднения, конечно, временные. Вокруг «освоенной» Луны будут носиться спутники связи, да и на самой Луне построят со временем не только постоянные лунные базы, но и густую сеть ретрансляционных станций. И опять, как и в земных условиях, радиосвязь займет если не главное, то важное место.

Первым же «лунопроходцам» придется нелегко. Но разве человек стремится попасть на Луну для «легкой жизни»?

## **Нас ждут сюрпризы**

Кто может усомниться в том, что на Луне нас ждут сюрпризы? Если неожиданное, непредвиденное встречается даже в малоизвестных местах Земли, то тем более огромный, новый, незнакомый мир полон тайн.

С практической, утилитарной точки зрения нас, пожалуй, прежде всего интересует, богата ли Луна полезными ископаемыми. По этому поводу, да и по всем другим проблемам, перечисляемым в этой главе, пока что можно делать лишь более или менее вероятные прогнозы.

Луна сформировалась, судя по всему, в той же части протопланетного облака, что и Земля. Значит, процентное содержание химических элементов на Луне, вероятно, такое же, как и на нашей планете. Правда, с одной оговоркой: из-за своей малой массы Луна быстро растеряла легкие газы и по этим причинам она практически лишена атмосферы.

Однако есть серьезные основания думать, что в глубоких лунных трещинах, куда не проникают лучи Солнца, или под поверхностным покровом, «вспущенным» в форме куполов, Луна сохранила значительные запасы льда. Если это так, то лунная вода — отличное природное сырье не только для будущей лунной индустрии, но и для первых обитаемых станций на Луне. Воду можно не только пить, но разложить на такие исключительные по важности элементы, как водород и кислород. Лед на Луне — вот, вероятно, один из первых сюрпризов.

Вулканические процессы на Луне когда-то проявлялись в исключительно больших масштабах — их следы, а кое-где и остатки наблюдаются и доныне. Но с явлениями вулканализма связано образование многих месторождений металлических полезных ископаемых.

Есть, таким образом, надежды обеспечить лунную металлургию местным сырьем.

В целом все, что мы сейчас знаем о Луне, приводит к выводу, что этот соседний мир минералогически не менее богат, чем Земля. И каждый раз, когда космонавты (или, быть может, будущие селенологи) будут находить на Луне железную руду, залежи алмазов, уран, платину или золото — это будут приятнейшие сюрпризы.

Не исключена встреча с чем-либо совершенно неожи-

данным. На фрагментах лунной панорамы, переданной «Луной-9», видна загадочная ровная световая полоса, тянущаяся за горизонт. Полоса эта ориентирована определенным образом относительно Солнца, так что она представляет собой, по-видимому, некое оптическое явление — но что именно?

Московский астроном В. Д. Давыдов \* недавно высказал гипотезу, что это лунное гало — оптический эффект, родственный радуге. По его мнению, это явление могло быть вызвано рассеянным отражением солнечных лучей от множества каких-то прозрачных кристалликов, усеивающих лунную поверхность. Что это за кристаллы — пока неясно. Не ждет ли и здесь нас любопытный сюрприз?

Еще в прошлом веке кое-кто из астрономов разделял мнение, что Луна заселена разумными существами — селенитами. Чего только не писали и не выдумывали по поводу этих фантастических лунных человечков! Некоторым астрономам даже казалось, что они видят какие-то искусственные сооружения на Луне.

Сейчас можно не волноваться — на Луне нет хозяев, чей покой мы могли бы нарушить своим вторжением. Для высших форм жизни мир Луны в его естественном виде непригоден. Другой вопрос — есть ли вообще какие-либо формы жизни на Луне?

Несмотря на то, что «Аполлон-11» после возвращения с Луны оказался стерильным, точнее, не зараженным гипотетическими лунными микробами, полной уверенности в «безжизненности» Луны у нас пока нет. Может быть, где-нибудь в лунном мире все-таки укоренилась и чувствует себя превосходно какая-нибудь особенно стойкая лунная порода микробов.

Более того, есть некоторые шансы встретить уже на соседнем небесном теле какую-то растительность. Нет, букет цветов с Луны привезти, скорее всего, не удастся, а вот наткнуться там на какие-то низшие формы растительности вполне возможно.

В самом деле, на дне ряда лунных кратеров (Платона, Птоломея, Эратосфена и других) уже много десятилетий наблюдаются странные зеленоватые пятна. К лунному полуночью окраска их становится особенно ин-

\* В. Д. Давыдов, Гало на Луне?, «Природа», 1967, № 1.

тенсивной, зато с наступлением лунного вечера она заметно блекнет. Иногда даже удается рассмотреть, как в первую половину лунного дня из некоторых кратеров (рис. 46) наружу медленно выдвигаются какие-то зеленоватые полосы, нечто вроде «шупалец», к вечеру



Рис. 46 Фото некоторых лунных кратеров, переданное на Землю АМС «Зонд-6»:

1 — Братья Вавиловы; 2 — Ловелл; 3 — Этвеш, 4 — Ван Гу

«вползающих» обратно в кратер. Все эти явления (а их немало) трудно объяснить чем-либо иным, как суточным циклом развития и увядания скучной, но в то же время изумительно стойкой лунной растительности. Не удастся ли космонавтам собрать на Луне гербарий?

До сих пор мы говорили о сюрпризах приятных. Объективности ради упомянем и о некоторых неприятностях и даже опасностях, быть может, таящихся в лунном мире.

При прогулке по Луне, разумеется, надо быть осто-

рожным, чтобы не провалиться в какую-нибудь лунную трещину и не сорваться с обрывистого лунного утеса. Все это тривиально, и в этом отношении от космонавтов потребуется не большая осторожность, чем, скажем, от тех их земных товарищей, которые успешно осваивают Антарктиду.

А что, если вопреки нашим ожиданиям и прогнозам где-нибудь встретятся вредные, болезнетворные микробы, способные вызвать, мягко выражаясь, «неприятности», а может быть, и кое-что похуже? Земной опыт открытия новых стран показывает, что нередко эти открытия сопровождались распространением инфекций, вспышкой опасных эпидемий. Не привезут ли космонавты с Луны на Землю какие-нибудь космические болезни? Сумеет ли человек побороть микробы, для которых и Луна не страшна? Или, может быть, эти микробы настолько агрессивны, что вытеснят полезных для нас своих земных сородичей? Абсолютно и категорически отрицать такую возможность пока преждевременно.

Все эти вопросы далеко не праздны. И современная космическая биология не только ставит такие проблемы, но и разрабатывает средства, надежно обеспечивающие нашу безопасность, как в Космосе, так и на Земле.

Делается это, как говорится, «на всякий случай». Но где-где, а уж в Космосе следует быть особенно предусмотрительным, если даже собираешься высаживаться на такое, казалось бы, отлично изученное тело, как Луна.



# „На пыльных тропинках далеких планет...”



Как ни заманчива прогулка по Луне, но было бы куда интереснее, если бы космический корабль доставил обитателей Земли на одну из небесных земель — планет. Пусть Марс и Венера (не говоря уже об остальных планетах Солнечной системы) сильно отличаются от нашей Земли, но все-таки это миры, где, быть может, удастся встретить какие-то формы жизни.

Далекие исполинские планеты — Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун — и их спутники когда-нибудь вызовут интерес человечества как практически неисчерпаемые резервуары ценных для космической промышленности веществ, в первую очередь водорода — отличного термоядерного топлива.

Наверное, пригодятся на что-нибудь и астероиды — наиболее ценные из них можно было бы «отбуксировать» в район земной орбиты. Впрочем, все это проекты пока еще полуфантастические (мы не хотим сказать «нереальные»).

В этой же главе пойдет разговор главным образом о задачах, технически осуществимых уже в ближайшие годы и десятилетия. Читатель узнает также наиболее вероятные прогнозы по поводу того, что же встретят космонавты в планетном мире.

## На межпланетных трассах

Межпланетная навигация открылась в начале января 1959 г., когда первая советская космическая ракета, пролетев в нескольких тысячах километров от поверхности Луны, вышла на планетарную орбиту. Впервые создание человеческих рук стало искусственной планетой. Помнится, с каким интересом мы рассматривали орбиту этой планеты, вписанную между орбитами Земли и Марса.

Это не был мертвый кусок металла. Аппаратура искусственной планеты сообщала на Землю сведения о солнечном излучении и метеорных частицах, интересные новости о радиационных поясах.

3 января советская ракета выбросила облако светящихся паров натрия — первую искусственную комету. Оно светило в течение трех минут с мощностью в семь тысяч киловатт и, в сущности, было еще одним искусственным небесным телом, на котором наглядно проявлялось воздействие солнечного излучения.

Радиосвязь с первой искусственной планетой поддерживалась в течение 62 час до расстояния почти в 600 000 км, а затем прекратилась. Но великое совершилось — была проложена первая межпланетная трасса.

Два года спустя, в феврале 1961 г., в межпланетный полет отправилась первая в истории космонавтики межпланетная автоматическая станция «Венера-1». В отличие от первой искусственной планеты, выведенной на планетарную орбиту, так сказать «без адреса», без конечного пункта назначения, «Венера-1» должна была исследовать пространство между орбитами Земли и Венеры, а также окрестности этой ближайшей из планет.

Стоит отметить, что впервые АМС стартовала с борта тяжелого спутника Земли. Соблюдение стартовых условий требовалось очень жесткое: ошибка в начальной скорости на 1—3 м/сек или в угле на 0,1—0,3 градуса давали на расстоянии Венеры ошибку примерно в сто тысяч километров!

Орбита «Венеры-1» мало отличалась от расчетной, и советская АМС в конце мая 1961 г. прошла менее чем в 100 тысячах километров от поверхности Венеры. К сожалению, какие-то причины помешали нормальной работе аппаратуры станции и регулярная радиосвязь с ней прекратилась уже в конце февраля 1961 г. Однако позже, в мае, радиотелескоп крупнейшей в мире английской радиоастрономической обсерватории Джодрелл Бэнк, по-видимому, поймал какие-то неясные радиосигналы от «Венеры-1». Какую информацию они несли, разобрать не удалось.

Быть первым всегда трудно. Хочется добавить — и почетно. Тот, кто идет вторым, десятым, сотым учитывает опыт своих предшественников, и это облегчает задачу.

Первая межпланетная трасса в сторону Марса была проложена в 1962 г. советской АМС «Марс-1». По своему устройству она напоминала «Венеру-1», но перед ней ставились, пожалуй, еще более увлекательные цели — разведать пути к таинственному Марсу, излюбленной планете земных фантастов.

Большая часть полета прошла благополучно. Аппаратура «Марса-1» зарегистрировала по сравнению с 1959 г. увеличение интенсивности космических лучей на 70%. Была измерена напряженность магнитного поля в межпланетном пространстве. Она оказалась примерно в десять тысяч раз меньшей напряженности земного магнитного поля. На расстоянии 20—40 миллионов километров от Земли «Марс-1» прошел сквозь неизвестный метеорный поток, и его радиопередатчик тотчас же передал на Землю сведения об этом.

21 марта 1963 г. с «Марса-1» в последний раз были принятые радиосигналы. В этот момент станция находилась в 106 миллионах километров от Земли — невиданный рекорд дальности космической радиосвязи! Что потом стряслось с «Марсом-1» — неизвестно, но радиосвязь была прервана и не возобновлялась.

Американские межпланетные автоматические станции открыли навигацию в сентябре 1962 г. Два полета оказались наиболее результативными — полет к Венере станции «Маринер-2» в 1962—1963 гг. и полет к Марсу «Маринер-4» в 1964—1965 гг. Эти полеты раскрыли некоторые новые черты Венеры и Марса.

14 декабря 1962 г. станция «Маринер-4» прошла почти в 35 000 км от поверхности Венеры. Датчики ее аппаратуры сообщили, что заметных следов магнитного поля вокруг Венеры нет, как нет около нее ощущимых радиационных поясов. Была уточнена масса Венеры. Она составляет 0,81485 массы Земли, что важно для расчетов будущих межпланетных трасс.

О возможности жизни на Венере сведения оказались разочаровывающими. Если зарегистрированное «Маринер-2» радиоизлучение Венеры приписывать ее «нагретости» (а не иным причинам), получается, что днем на Венере жара достигает 430° С. Мы теперь знаем, что это так и поэтому говорить о каких-либо белковых формах жизни на Венере, естественно, не приходится.

После неудачного запуска к Марсу «Маринер-3» следующая в программе станция «Маринер-4» поразила мир переданными на Землю летом 1965 г. фотоснимками Марса (рис. 47) с расстояния в 10 000 км до его поверхности. Менее всего астрономы рассчитывали увидеть нечто, напоминающее Луну, так как в астрономии господствовало мнение, что поверхность Марса — очень гладкая равнина, напоминающая наиболее ровные из земных песчаных пустынь. Когда «Комсомольская правда» впервые опубликовала снимок Марса, сделанный «Маринер-4», один видный ленинградский астроном звонил в редакцию газеты и спрашивался, не спутали ли легкомысленные журналисты Марс с Луной.

Исключительно гористая планета — так мы можем теперь характеризовать Марс. Станция «Маринер-4» сфотографировала лишь сотую долю поверхности планеты, но и на этих снимках видны десятки крупных кратеров, валы которых вздымаются ввысь на несколько километров. Общее же количество крупных кратеров на всей поверхности Марса должно измеряться десятками, а то и сотнями тысяч.

Радиоаппаратура «Маринер-4» измерила плотность марсианской атмосферы. Она получилась еще меньшей,

чем ожидали: атмосферное давление у поверхности планеты вряд ли превосходит 15 мм рт. ст. Ясных следов магнитного поля вокруг Марса «Маринер-4» не обнаружил.

Сначала на снимках Марса не различили ни одного из знаменитых марсианских каналов, впервые замечен-

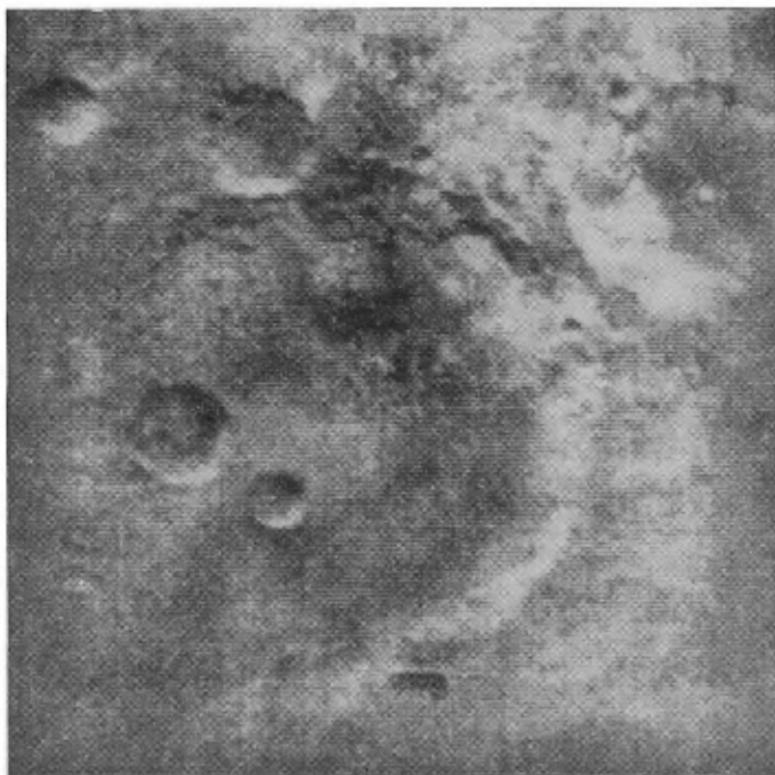


Рис. 47. Фото поверхности Марса, переданное на Землю АМС «Маринер-4»

ных еще в 1877 году Скиапарелли, хотя «Маринер-4» пролетал над районами, где каналов было немало. Противники гипотез о жизни на Марсе поспешили объявить этот факт окончательным доказательством нереальности существования каналов. На самом же деле причина была не в этом.

Снимки «Маринера-4» очень малоконтрастны. Даже границу между темным марсианским Морем Сирен и

светлым «материком», границу, легко видимую с Земли даже в небольшие телескопы, на «космических» снимках Марса различить нельзя. Каналы же никогда не бывают столь темными, как моря, да и наблюдать их с Земли удается лишь в определенные сезоны, в периоды марсианской весны и лета. Те же каналы, которые фотографировала станция «Маринер-4», переживали осень, были блеклыми, и только впоследствии при тщательном фотометрическом анализе снимков их удалось различить.

Говоря точнее, американские исследователи освободили снимки Марса от всевозможных дефектов, вызванных помехами и шумами в работе радиотехнической аппаратуры. Работа оказалось очень трудоемкой — она заняла около двух лет. Но зато результат оправдал усилие: на «очищенных», улучшенных снимках Марса отчетливо видны все те каналы, которые раньше фиксировались при наблюдениях с Земли. Найдено было и много новых кратеров и некоторые странные детали рельефа, которым пока еще не удалось найти объяснения.

«Маринер-4» неожиданно выявил некоторое сходство Луны и Марса, подтвердил и даже, пожалуй, усугубил прежние представления о суровости марсианского мира (конечно, по нашим земным меркам). Но этот полет не доказал и не опроверг гипотез о жизни на Марсе. Более того, остался по-прежнему открытым и волнующий вопрос о реальности марсиан, хозяев красной планеты. Когда на конференции в Вашингтоне, состоявшейся после публикации снимков Марса, руководителей полета «Маринер-4» в упор спросили, доказывают ли эти снимки отсутствие на Марсе высокоразвитой цивилизации, один из руководителей В. Пиккеринг дал весьма оригинальный ответ. Он сообщил, что американские спутники системы «Тирос» с высоты несколько сотен километров получили фотографии поверхности Земли в том же масштабе, что и снимки Марса, сделанные «Маринер-4» (мельчайшая деталь около 3 километров). И среди этих снимков лишь на одном различимы явные следы земной цивилизации (просеки в лесу). На остальных Земля выглядит необитаемой. «А ведь мы, — заключил он свой ответ, — получили пока только двадцать снимков Марса!»

Позже, изучая видимость Земли с космических высот, группа зарубежных ученых пришла к заключению,

что для уверенного обнаружения земной цивилизации требуются снимки, по меньшей мере в десять раз более «подробные» (с большей разрешающей способностью), чем те, которые передала станция «Маринер-4».

Летом 1969 года две американских автоматических станции «Маринер-6» и «Маринер-7» снова пролетели вблизи поверхности Марса и передали на Землю десятки высококачественных снимков. Попутно аппаратура станций исследовала атмосферу Марса и его ближайшие окрестности. Новые сведения об этой планете оказались весьма интересными.

На этот раз фотографировались экваториальные и полярные зоны Марса. И опять, как в 1965 году, астрономов поразило огромное количество кратеров, гор и горных цепей на марсианской поверхности. Сходство с Луной удивительное. И в то же время над этим типичным лунным ландшафтом иногда проплывают белые и желтые облака, а в районе южного полюса Марса обнаружено огромное количество снега. Здесь, в этой чрезвычайно гористой марсианской Антарктиде, белое вещество, покрывающее поверхность Марса, сильно напоминает земные сугревые покровы и ледники.

Если это на самом деле снег и лед, тогда не понятно, почему так суха и почти лишена водяных паров марсианская атмосфера. Если же это замерзшая углекислота, похожая на «сухой лед», применяемый, например, для хранения пломбиротов, то непонятна «стойкость» полярных шапок Марса. Как известно, твердая углекислота обращается в газ (минуя жидкую фазу) при температуре  $-78^{\circ}\text{C}$ . Между тем полярные шапки Марса сохраняются при гораздо более высоких температурах. С другой стороны, по отражательной способности в разных участках спектра и другим оптическим свойствам полярные шапки сходны со снегом и сильно отличаются по тем же признакам от твердой углекислоты.

Короче говоря, толщина южной полярной шапки Марса оказалась для астрономов полной неожиданностью.

Сенсационным был и другой результат — в атмосфере Марса не оказалось азота, являющегося, как известно, одним из главных компонентов земной атмосферы. Получается, что марсианская атмосфера состоит главным образом из углекислого газа с незначительной примесью водяных паров и кислорода. Кислород, этот жизненно

важный элемент, был недавно достаточно уверенно обнаружен в спектре Марса. Выяснилось, что молекулярного кислорода в марсианской атмосфере в тысячу раз больше (0,3%) того количества, которое могло бы там образоваться под действием солнечных лучей, разлагающих углекислоту. Если этот результат окончательно подтвердится при повторной проверке, значит на Марсе должны быть растения, выделяющие в атмосферу кислород. То, что эта атмосфера не содержит азота, не является решающим фактором. В земных экспериментальных лабораториях удавалось выращивать в чисто аргоновой атмосфере семена ржи, риса, кукурузы и огурцов. Более того — замена азота углекислым газом не влияла на выживаемость микроорганизмов.

Вывод ясен: новейшие сведения о Марсе не опровергли (хотя, конечно, и не доказали) распространенные оптимистические представления об этой планете, как обители жизни. Осталась нерешенной и знаменитая проблема марсианских каналов.

Правда, на одном из снимков, полученных «Маринером-7», канал Агатадемон шириной 160 км и длиной более 1000 км оказался горным кряжем, испещренным кратерами и ущельями. Но из этого частного случая преждевременно делать общий вывод.

Главная проблема заключается не в том, на каких участках поверхности Марса расположены те полосы, которые мы называем «каналами». Загадка в том, почему эти полосы в целом геометрически правильной сетью покрывают всю поверхность Марса. По этой сети каналов от тающих полярных шапок Марса каждой весной распространяется к экватору «темная волна», — по-видимому, своеобразный след орошенной, расцветающей и потому темнеющей марсианской растительности. Выходит, что сеть каналов напоминает коммуникационную сеть и носит при этом другие черты искусственности.

Вполне возможно, что здесь природа весьма искусно имитирует явление, обладающее многими чертами искусственности. Считать каналы Марса продуктом технической деятельности марсиан, конечно, пока столь же преждевременно, как и заявлять об окончательном доказательстве полной необитаемости Марса. И то и другое — крайности. Одно уже сейчас ясно: поверхность Марса с ее лунным ландшафтом выглядит столь же естественной,

как и поверхность Луны. Те, кто рассчитывал увидеть на Марсе преобразованную разумом техносферу, явные и грандиозные по масштабам результаты преобразовательной деятельности марсиан (признаюсь, что и я принадлежал к таким энтузиастам), испытали жестокое разочарование. Шансы встретить на соседней планете «братьев по разуму» сейчас близки к нулю.

Впрочем, только будущие посадки автоматических станций на поверхность Марса смогут окончательно решить хотя бы главные загадки этой таинственной планеты.

## Посадка в атмосфере

Среди тел Солнечной системы соседние планеты Венера и Марс — наиболее интересные объекты для непосредственного изучения средствами космонавтики. Их сходство с Землей вселяет надежду, что именно там, на поверхностях Венеры и Марса или в их атмосфере, есть шансы встретить жизнь. Другие планеты в этом отношении гораздо менее перспективны. Но прежде чем космический зонд или космический корабль совершил мягкую посадку на одной из этих планет, он должен благополучно пройти сквозь ее атмосферу.

С одной стороны, атмосфера, казалось бы, облегчает посадку — ее сопротивление можно использовать, как тормозящую силу. Однако, с другой стороны, огромные космические скорости, на которых будет совершаться вход космического корабля в атмосферу планеты, приводят к перегрузкам и к перегреву. Найти самое выгодное, оптимальное решение в такой ситуации — вот одна из насущных проблем современной космонавтики.

Отчасти она уже давно решена — с тех пор как стали возвращаться на Землю со своих орбит первые советские корабли-спутники. Вслед за ними совершали и совершают мягкую посадку (в разных вариантах) пилотируемые советские и американские космические корабли. Мягкая посадка в земной атмосфере с околоземных орбит стала таким же почти «повседневным» событием, как мягкая посадка самолетов на бетонированную площадку аэродромов.

Более того — освоена мягкая посадка на Землю при возвращении с Луны и окололунных орбит. Начало этому новому этапу в космонавтике положил советский «Зонд-5», облетевший в сентябре 1968 г. Луну.

Обычно (но не всегда) два фактора обеспечивают требуемое торможение космического корабля — работа тормозных бортовых реактивных двигателей и применение тормозных «парашютных» (в широком смысле этого слова) устройств.

О первых из них мы уже говорили. Как и при посадке на Луну, бортовые двигатели в нужный момент должны создать тягу, направленную против движения космического корабля. Понятно, что момент включения тормозных двигателей, продолжительность их действия и направление тяги должны быть заранее рассчитаны в соответствии с программой полета. Если же посадку приходится начать в неурочный момент, то и в таком случае режим посадки должен быть вполне определенным, зависящим от местоположения корабля на орбите, его скорости и намеченного пункта приземления.

Торможение за счет сопротивления атмосферы может быть осуществлено по-разному. Рассмотрим, например, устройство баллистической капсулы «Меркурий», с помощью которой первые американские космонавты возвращались на Землю с космических орбит.

В плотные слои земной атмосферы капсула входит своим тупым концом. Торможение при этом получается, естественно, наибольшим, но зато ударяющиеся о такой конец капсулы молекулы воздуха сильно нагревают ее. Нагрев настолько велик, что «лобовая» стенка капсулы, встречающая максимальное сопротивление атмосферы, может сгореть. Чтобы этого не произошло, ее покрывают теплозащитным слоем. Сужающаяся часть камеры, где тепло рассеивается в результате лучеиспускания, покрыта гофрированными листами из кобальтового сплава толщиной 0,25 мм. Капсула «Меркурий» имеет на тупом конце тормозные реактивные двигатели, а на противоположном конце — тормозные парашюты.

Совместное действие тормозных двигателей и тормозящего сопротивления атмосферы снижают скорость капсулы на высоте около 18 км до 30 м/сек. После этого раскрывается малый металлический парашют, а на высоте 3 км — основной, большой, обеспечивающий скорость

снижения около 9 м/сек. В момент раскрытия большого парашюта от лобовой части капсулы автоматически отбрасывается тепловой экран и вместо него в том же месте капсулы надувается посадочная подушка из прорезиненной стеклоткани.

С 1964 г. американские космонавты используют для космических полетов вокруг Земли капсулу «Джеминай» («Близнецы»). По устройству она напоминает капсулу «Меркурий», но крупнее ее и рассчитана на двух космонавтов.

В советских космических кораблях мягкая посадка также достигалась искусственным сочетанием двух средств — реактивного торможения и сопротивления атмосферы. О мягкой посадке на Землю советских «Зондов» и «Союзов» подробно рассказано в последней главе этой книги.

При всех этих изумительных успехах мягкая посадка на другие планеты остается одной из сложнейших проблем космонавтики. Разберемся, в чем причина этих трудностей.

Космический корабль подлетает к соседней планете, скажем, к Марсу. Если до этого полет его был пассивен и предварительного торможения двигателями не проводилось, скорость входа корабля в атмосферу планеты будет никак не меньше второй космической скорости (для данной планеты и данной высоты над ее поверхностью). Например, для Марса эта скорость (при высоте, равной нулю) получится не меньше 5,1 км/сек, для Венеры (при той же высоте) не меньше 10,3 км/сек. В сущности, продолжая пассивный полет в атмосфере планеты, космический корабль окажется в роли обычного крупного метеорита со всеми вытекающими отсюда неприятными последствиями. Как же быть?

Если корабль войдет в атмосферу земноподобной планеты слишком круто, почти по вертикали, участок торможения окажется очень коротким, а перегрузки для космонавтов невыносимо большими. Если же, наоборот, пронизать атмосферу почти по касательной, то это также ни к чему хорошему не приведет: или корабль на гиперболической скорости проскочит мимо планеты, или, слегка заторможенный атмосферой, превратится в спутник планеты с сильно вытянутой орбитой и посадка опять не состоится.

Кстати сказать, для Земли последний вариант плох еще и тем, что корабль возвратится в опасную зону радиационных поясов, где долго летать вообще не рекомендуется... Вот и получается, что, например, при возвращении корабля с Луны на Землю приходится выбирать очень узкий «коридор входа» (рис. 48), т. е. область пространства в районе Земли, внутри которой есть благоприятные условия для мягкой посадки.

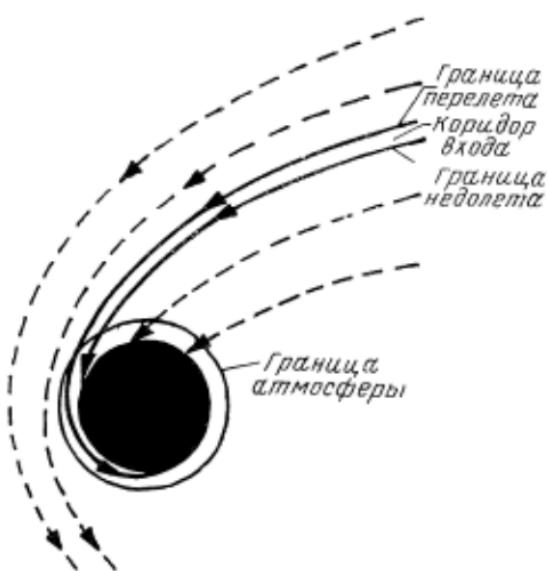


Рис. 48. «Коридор входа» в атмосферу планеты

Нижняя граница «коридора входа» определяется допустимыми перегрузками, а верхняя — эффективным торможением в атмосфере. Попасть в этот желанный коридор весьма нелегко, так как он очень узок — например, при возвращении с Луны ширина коридора входа вряд ли заметно превысит 10 км.

До сих пор говорилось о посадке в баллистическом режиме, без использования каких-либо планирующих средств. Между тем, если при входе в атмосферу планеты космический корабль, снабженный выдвижными крыльями и другими устройствами, создающими подъемную силу, превратится в космический планер, посадка

станет более легкой. Изменяя угол атаки крыльев и тем создавая как положительную, так и отрицательную подъемную силу, космический планер в зависимости от обстоятельств или ускорит или, напротив, замедлит спуск. Благодаря этому коридор входа значительно расширяется, да и маневрирование в атмосфере космического пла-нера облегчает посадку.

С другой стороны, вместо того чтобы прямо, так сказать, «с хода» высаживаться на Марс или Венеру, легче поступить иначе: превратить предварительно КК в искусственный спутник планеты, а затем совершить (по земному образцу) мягкую посадку с почти круговой орбиты спутника. Возможно и другое решение — корабль остается спутником, а на планету высаживается управляемая космонавтами капсула.

Отметим еще некоторые трудности посадки в атмосфере. Внешняя оболочка корабля должна быть очень прочной, жаростойкой. С другой стороны, требуются такие материалы и такие защитные средства, которые обеспечили бы нормальные температурные условия внутри кабины садящегося на планету корабля.

Природа неожиданно подсказала здесь оригинальное решение. Известно, что при полете метеоритов в атмосфере плавится и испаряется лишь очень тонкий его поверхностный слой, а внутри метеорит остается холодным. Слой за слоем срезает атмосфера вещество метеорита, но когда он попадает в наши руки, мы видим снаружи тоненькую черную кору плавления толщиной не больше 2 мм — внутри метеорита никаких следов высоких температур нет.

Вот и родилась идея: покрыть поверхность космического корабля особым «жертвенным» слоем из вещества, требующего для плавления и испарения очень много тепла. Для этой цели годятся, скажем, карбид кремния, окись магния, бериллий, углерод. Тогда «усилия» атмосферы уйдут главным образом на разрушение защитного, приносимого в жертву слоя, а температурный комфорт внутри корабля будет обеспечен.

В процессе решения подобных задач родилась новая область техники — космическое материаловедение. Ученые ищут материалы с качествами лучшими для космических аппаратов. Требуются материалы не только прочные, жаростойкие, но и, скажем, пластичные и не раз-

рушающиеся при сверхбыстром нагреве. Нередко эти требования несовместимы для известных материалов — приходится создавать новые, невиданные в истории техники.

## **Планета Венера — утраченные иллюзии и новые надежды**

Древние наблюдатели долгое время были убеждены в существовании двух необычно ярких Венер — утренней и вечерней. Потребовалось немало времени и усилий, прежде чем это заблуждение стало очевидным: не две звезды, а одна планета периодически появляется в сиянии то утренней, то вечерней зари.

Вавилонские жрецы считали Венеру небесным воплощением богини любви и красоты. Гомер называл Венеру «прекраснейшей из звезд небесных».

Впрочем, это не мешало изуверскому религиозному культу Венеры, и еще в прошлом столетии в Полинезии Утренней звезде приносились человеческие жертвы.

В эпоху средневековья, когда астрологические заблуждения одержали временную победу над астрономией, Венере приписывались «влияния» не только «благоприятные», но и несколько неожиданные. Составители гороскопов всерьез утверждали, что «под знаком Венеры» рождаются царицы и легкомысленные женщины, аптекари и пьяницы, вольнодумцы и разбойники...

Начало семнадцатого века ознаменовано появлением телескопической астрономии. Одно из самых удивительных открытий Галилея — фазы Венеры. Именно они и их изменения наглядно иллюстрируют основной тезис Коперника — обращение планет вокруг Солнца.

Вторая половина восемнадцатого века, 1761 год. Михаило Ломоносов, наблюдая прохождение Венеры по диску Солнца, приходит к открытию, что Венера «окружена знатною воздушною атмосферою, таковою, лишь бы не большею, какова обливается и вокруг шара земного». Постепенно складывается представление о земноподобности Венеры. Венера, почти равная по размерам Земле, согреваемая Солнцем в еще большей степени, чем земной шар, кажется миром солнечным, теплым, уютным.

Еще в 1643 г. современник Галилея астроном-иезуит Риччиоли открывает пепельный свет Венеры — странное свечение неосвещенной части ее диска. В начале же прошлого века астроном Гройтхаузен дал этому эффекту объяснение совсем необычайное. По его мнению, в те годы, когда пепельный свет удается увидеть, жители Венеры устраивают праздничные иллюминации «в честь восшествия на престол нового властителя планеты» (!).

Можно ли после этого удивляться, что в конце прошлого века другой известный романтик-астроном Камилл Фламмарион утверждал с непреклонной категоричностью, что на Венере «животный мир и человечество должны несколько отличаться от тех же представителей органического мира на Земле. Что касается представления о нем как о пустынном и бесплодном мире, то подобная гипотеза не могла бы появиться в уме ни у одного натуралиста».

Первый удар всем этим розовым иллюзиям нанесла астрофизика. Уже в начале текущего столетия средства астрофизических исследований достигли такого уровня, что кислород на Венере (будь он там таким же обильным, как на Земле) можно было бы обнаружить. Но этот живительный газ, неизменный спутник земноподобных форм жизни, как раз и не оставлял никаких следов в спектрограммах Венеры.

Зато еще в 1936 г. в спектре Утренней звезды открыли мощные полосы углекислого газа. Уже тогда, более трех десятилетий назад, атмосфера Венеры казалась удушливой, исключающей земные формы жизни.

Однако романтики не сдавались. Да и не только романтики — в глубине души каждому из землян не хочется быть космически уникальным, не хочется верить в бесконечное одиночество в беспредельном космосе.

Придуман компромисс: Венера — живое прошлое Земли. Она переживает каменноугольный период, и ее плотная атмосфера скрывает многочисленные бурно извергающиеся вулканы. Отсюда — углекислая атмосфера, подобная той, которая когда-то, возможно, была у Земли.

Эта, как мы теперь знаем, совершенно фантастическая картина получила большую популярность. Она была конкретна, понятна и приятна — по крайней мере, тем, кто во что бы то ни стало хотел видеть в Венере планету, напоминающую Землю.

Вспоминаются сороковые годы, когда благодаря Г. А. Тихову и помогавшим ему энтузиастам создается первая на Земле организация, изучающая внеземную жизнь — сектор астроботаники Академии наук Казахской ССР. Помните, какое место в астроботанических прогнозах уделялось планете Венере? Ученые рассуждали довольно любопытно.

На Марсе суровые температурные условия приводят к тому, что марсианские растения поглощают все длинноволновое излучение, рассеивая лишь бесполезные для согревания синие и фиолетовые лучи. Венера же, жаркая, солнечная Венера, обладает растительностью совсем иного типа. Там растения страдают от жары. Единственное, что спасает их от перегрева, это рассеяние всей длинноволновой «теплой» части спектра.

Отсюда следовал почти категорический вывод: если на Земле растительность зеленая, то на Марсе она голубая, а на Венере должна быть красной. В доказательство астроботаники ссылались на любопытный факт — в отраженном поверхностью Венеры солнечном свете чуть-чуть преобладают красноватые лучи — не ясно ли, что это «просвечивают» сквозь атмосферу Венеры ее красные леса и оранжевые равнины? (Какими наивными кажутся эти идеи с высоты космического века! И все-таки именно работы Г. А. Тихова и его школы положили начало современной астробиологии).

Радионаблюдения Венеры уже давно указывали на весьма высокую (порядка 300° С) температуру ее поверхности. Но в это не хотелось верить и придумывали различные гипотезы, иначе толкующие результаты радионаблюдений.

Ранним утром 18 октября 1967 года советская межпланетная станция «Венера-4» (рис. 49) вошла в атмосферу планеты и с бесстрастностью автомата сообщила: там, на Венере, очень-очень жарко: 280° выше нуля! Мало того — ужасающая жара сопровождается непривычным для нас давлением — не менее 15 ат. Прибавьте к этому постоянно пасмурное небо, сквозь которое солнечный свет проходит, по-видимому, очень плохо, и вы получите картину, жуткую и неизривычную для наших земных глаз.

У Венеры нет радиационных поясов, что также твердо установлено. Придется пересмотреть гипотезы о происхождении и природе магнитных полей планет. Теперь уже нельзя утверждать, что большая масса планеты неизбежно влечет за собой образование вокруг нее магнитного

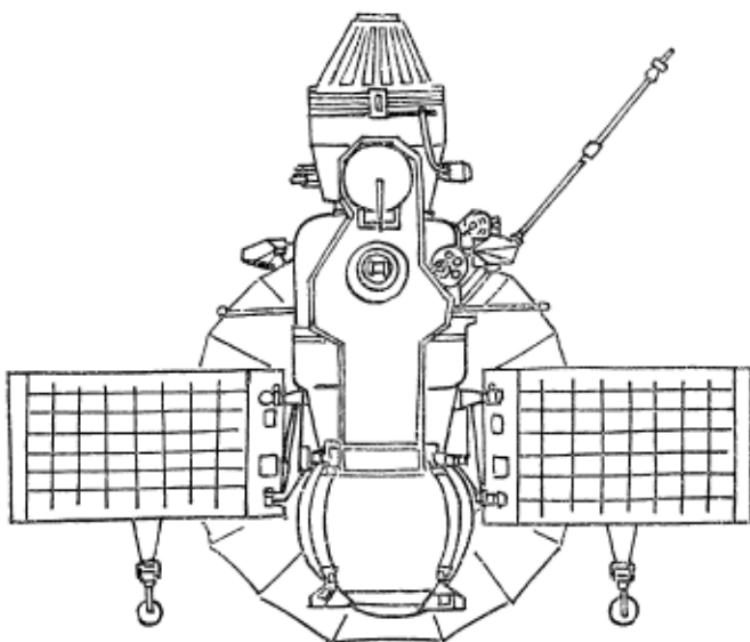


Рис. 49. Схема устройства межпланетной станции «Венера-4»

поля. Масса Венеры лишь на 20% меньше массы Земли, а никаких следов венерианского магнетизма не обнаружено.

Атмосфера Венеры оказалась, по данным «Венера-4», просто удручающей — на 90—95% она состоит из углекислого газа без заметного присутствия азота. Что касается кислорода, на Венере он есть, но, увы, в количестве не выше 0,4% общей массы атмосферы (на Земле 21%). Есть и водяные пары, но и вместе с кислородом их не больше 1,6%. И в этой плотной, облачной углекислой атмосфере температура растет с приближением к поверхности стремительно — на 10° через каждый километр!

В начале 1969 г. к Венере отправились советские автоматические станции «Венера-5» и «Венера-6». С изумительной точностью они достигли далекой цели, вошли в атмосферу Венеры и сообщили новые данные об этой неприветливой планете.

В целом подтвердились сведения, добытые «Венерой-4». Они, правда, были существенно уточнены. Углекислоты в венерианской атмосфере 93—97%, азота 2—5%. Что же касается кислорода, то его никак не больше 0,4%. Здесь в отличие от Марса он образуется без всякой связи с жизнью, чисто abiогенным путем за счет разложения углекислоты солнечным светом. Этому способствует и близость Венеры к Солнцу, и мощность ее атмосферы, и обилие в ней углекислоты. Добавим, что атмосфера Венеры оказалась очень слабо насыщенной водяными парами.

Станции «Венера-5» и «Венера-6» проникли глубже в атмосферу Венеры, чем ее предшественницы. Измеренные ими температуры и давления на высотах 10—26 километров оказались близкими к 30 атмосферам. Судя по этим данным, на поверхности ближайшей из планет давление может достигать 60—140 атмосфер, а температура (на ночном полушарии) 400—530° С!

Фотоэлектрические датчики только однажды за 4 минуты до прекращения радиосвязи зафиксировали какую-то вспышку. В остальное время была полная темнота. Каким все-таки мрачным, неприветливым оказался этот соседний мир!

Почему так жарко на Венере? Помимо Солнца, во многом тут повинен «парниковый эффект». Действуя как своеобразное одеяло, плотная, облачная атмосфера не выпускает наружу инфракрасное, «тепловое» излучение поверхности.

Да, венерианская жара нестерпима для белковых организмов. Прощайте навсегда, оранжевые рощи и красные леса, живые ящеры и густые папоротники! Все эти романтические иллюзии отныне сданы в архив науки.

Остались ли, однако, какие-нибудь шансы встретить на Венере жизнь? Радиоастрономия, столь блестяще проявившая себя в изучении Венеры, установила еще один важный факт. Земные радары пробили толщу венерианской атмосферы и выявили, что на поверхности планеты есть по крайней мере две громадные горные цепи.

Одна из них простирается с севера на юг почти на четыре тысячи километров, другая, расположенная в широтном направлении, еще длиннее. Гористая суши — преобладающая форма венерианского рельефа. Радары (совместно с земными лабораторными исследованиями) указывают еще и на такую важную подробность: на Венере есть шансы встретить породы из кварца, карбонатов и силикатов, но там нет ни гранитов, ни магнетиков, ни каких бы то ни было углеводородов.

Судя по данным радиолокации, Венера медленно обращается вокруг оси в обратном направлении (с востока на запад). Относительно звезд она совершает полный оборот вокруг оси за 243 земных суток. Венерианские же сутки, т. е. период ее вращения относительно Солнца, в 117 раз продолжительнее земных. Между тем оптические наблюдения говорят о некоторых почти постоянных деталях облачного слоя, совершающих полный оборот всего за четверо суток. ПримириТЬ это вопиющее противоречие можно лишь одним — гипотезой о своеобразной метеорологии Венеры. Возможно, там постоянно дуют сильнейшие широтные ветры, обегающие экватор планеты за четыре дня. Они-то и создают иллюзию быстрого вращения планеты.

Казалось, сильные ветры должны рано или поздно (совместно с дождями) сравнять венерианский рельеф. На самом деле этого не произошло: вероятно, потому, что на Венере и сейчас весьма активна как тектоническая, так и вулканическая деятельность.

Вот теперь и дополните ранее нарисованную картину новыми штрихами: под мрачным, темно-серым облачным слоем Венеры с его стремительно несущимися облаками дуют постоянные ураганы, извергаются многочисленные вулканы и ходуном ходят под ногами венерианская почва. Да к тому же еще жарища в 400—500° и моря из кипятка! Что там ни говорите, а ландшафт жуткий, не располагающий к высадке и прогулкам.

Так все-таки: есть ли на Венере жизнь? Не будем спешить с выводами. Даже судя по нашему земному опыту, жизнь удивительно стойкое, упорное и многообразное явление. Космос готовит астробиологам не только неприятные сюрпризы.

На высоте  $50 \div 100$  км природные условия Венеры напоминают земные — давление 1 ат и вполне терпимая

температура. Не исключено, что верхние слои атмосферы служат пристанищем своеобразного атмосферного планктона — мириадов мельчайших живых существ. Может быть, именно такой планктон (эта идея принадлежит профессору Н. А. Козыреву) порождает явление «пепельного света» Венеры — инопланетного аналога, хорошо нам знакомого ночного свечения земных морей! Конечно, это не высокоразвитые «венерианцы», о которых мечталось много десятилетий, но все-таки жизнь, белковая жизнь...

Ось вращения Венеры почти перпендикулярна плоскости ее орбиты, поэтому смены времен года на Венере нет, а климат зависит лишь от широты данного пункта. Значит, в околополярных зонах Венеры даже на ее поверхности температура должна быть ниже +300° С. Кто знает, может быть, в полярных районах планеты с их постоянным умеренным температурным режимом также приютились какие-то белковые формы жизни?

Впрочем, почему, рассуждая о возможности жизни на Венере, мы должны ограничиваться лишь белковыми организмами? Давно известно, что на основе кремния, химического родственника углерода, можно (по крайней мере теоретически) построить высокомолекулярные соединения, аналогичные углеродным. «Кремниевые» организмы должны при этом обладать особенностями, поистине необычайными. Если белковые организмы черпают энергию за счет процессов окисления, то гипотетические кремниевые существа могли бы жить лишь в восстановительной атмосфере.

Что особенно примечательно, кремниевая жизнь должна быть необычайно устойчивой к высоким температурам. Вполне мыслимы, например, кремниевые организмы, для которых тысячеградусная жара столь же благодатна, как для нас климат Кавказа и Крыма. Так что не будем прежде времени пессимистами.

В связи с этим невольно вспоминаются по крайней мере два факта, требующие объяснения. В 1956 г. американский астроном Д. Краус принял на волне 11 м странное радиоизлучение Венеры. Радиовсплески продолжительностью около секунды и более по своему характеру несколько походили на сигналы земных радиостанций. Хотя в 1960 г. Краус подверг сомнению эти ранее полученные

результаты, но обстоятельно и до конца они никем исследованы не были.

Еще загадочнее ослепительная вспышка, наблюдавшаяся Н. А. Козыревым на Крымской астрофизической обсерватории. Она охватила площадь поперечником около 4 тыс. км и продолжалась не более 5 мин. Самое

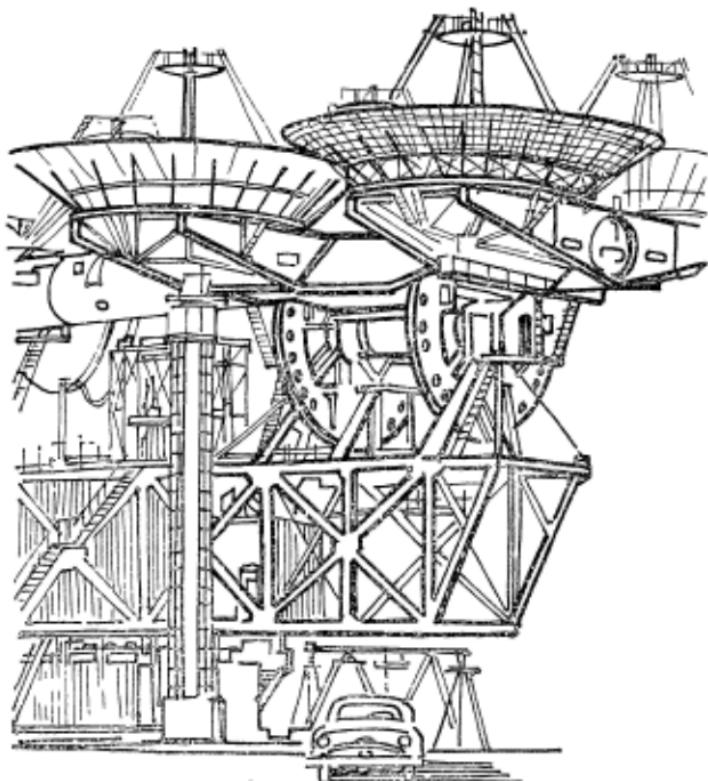


Рис. 50 Эти радиотелескопы принимали сигналы «Венера-4»

странные — спектр вспышки, сфотографированный Н. А. Козыревым. В спектре обнаружены четкие линии технения — элемента, образующегося при искусственных ядерных взрывах. По словам Н. А. Козырева, «трудно даже представить себе, чтобы это явление было естественным, природным, поскольку яркость и масштабы вспышки сопоставимы с ядерным взрывом».

Венера только чуть-чуть приоткрыла свои покрывала. Нет сомнения, что этот соседний мир таит в себе еще

много неожиданностей. И столь же несомненно, что человеческое упорство, человеческий гений сумеет рано или поздно не только раскрыть все загадки Венеры, но и освоить на благо человечеству эту ближайшую из планет (рис. 50).

## Автоматы изучают Марс

Легко предсказать (и оказаться хорошим пророком), что первую высадку на поверхность Марса сделает не человек, а автомат.

Основываясь на прошлом опыте, дальнейший штурм Марса можно представить себе примерно так.

С Земли к Марсу отправляется непилотируемый космический корабль с автоматическим управлением. Вблизи Марса включением бортовых реактивных двигателей добиваются того, что корабль превращается в искусственный спутник Марса. Чем меньше при этом будет отличаться его орбита от круговой, тем лучше. В определенный заранее момент от корабля отделяется капсула, начиненная различными автоматическими приборами, и совершающая мягкую посадку на марсианскую поверхность. Автоматы проводят намеченные исследования и полученную информацию передают на корабль-спутник, откуда она ретранслируется на Землю.

Такова одна из принципиально возможных схем. Интересны и детали.

Капсула, опустившаяся на Марс, может быть снабжена самыми различными автоматами. В первую очередь это телевизионное устройство, передающее на Землю изображение окружающего ландшафта. Если вдруг в поле зрения появится крупное движущееся марсианская животное, то его изображение можно увидеть и на экранах земных телевизоров. Не исключено (эта возможность учитывается в современных проектах), что капсула опустится вблизи какого-нибудьнского сооружения. Каким бы великолепным доказательством реальности марсианской цивилизации было его переданное землянам изображение!

Предусматривается и особое устройство (радиоволновый определитель), способное анализировать поступаю-

щие радиосигналы. Не примет ли он передачу какой-нибудь марсианской радиостанции?

Такая предусмотрительность может показаться чрезмерной. И тем не менее при посадке на Марс надо быть готовым к любой неожиданности вплоть до встреч с его гипотетическими хозяевами — марсианами!

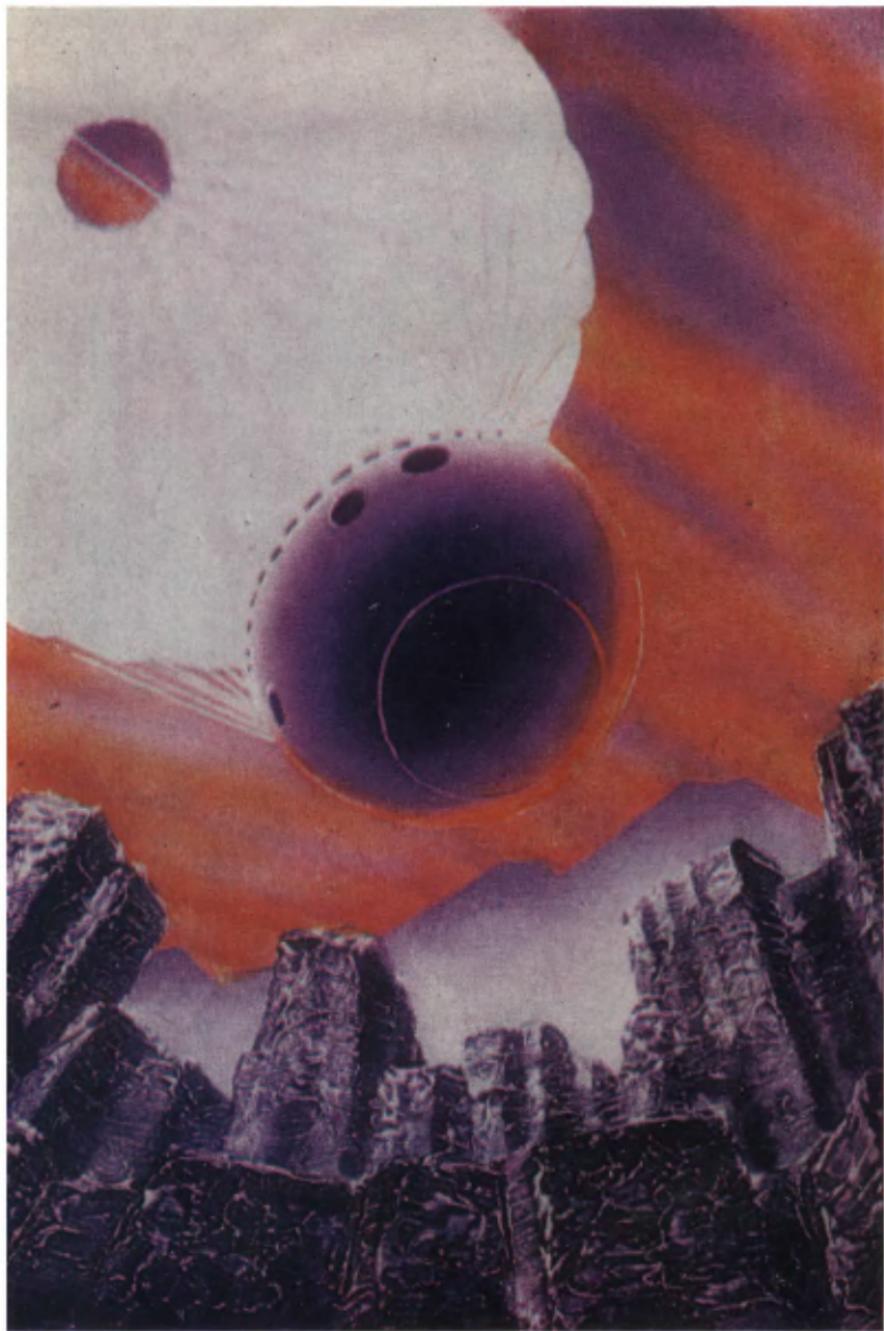
Скорее всего, однако, будет иначе — высадившись на Марс, автоматы встретят там не марсиан, а низшие, неинтеллектуальные формы жизни. Какие именно, сказать, конечно, трудно, но даже самые энергичные противники гипотез о жизни на Марсе все же убеждены, что эта планета может быть населена вездесущими микробами.

Чтобы проверить это предположение, марсианская капсула должна быть оборудована «механической рукой», которая возьмет горсть марсианской почвы и «посеет» ее на некоторой питательной среде. Стоит ли говорить, что при всех этих экспериментах должна соблюдаться строжайшая стерилизация капсулы и ее оборудования — иначе есть серьезные шансы принять земные микробы за марсианские.

Допустим, что во взятой пробе есть микробы и они непрочно отведать земную пищу, т. е. ту питательную среду, которая им будет предложена. В таком случае микробы размножатся, причем в процессе обмена веществ в качестве конечных продуктов начнут выделяться газы. Нетрудно представить себе некий замкнутый сосуд, снабженный измерителем газового давления. Если давление увеличилось, то сведения об этом телеметрическим путем будут немедленно переправлены на Землю, где сделают вывод — жизнь на Марсе есть! Но если давление останется прежним, из этого еще не будет следовать вывод, что микробов на Марсе нет. Могло ведь получиться иное — марсианским микробам просто пришлась не по вкусу наша пища. Ведь даже среди земных микроорганизмов известны «оригиналы», которые питаются серой или железом! С другой стороны, примерно 90% земных бактерий вообще никак не реагируют ни на какую искусственную питательную среду.

Описанный способ обнаружения марсианских микробов не единственный. В процессе жизнедеятельности микроорганизмов может помутнеть раствор питательной культуры, что фиксируется фотоэлементом. Обмен веществ, т. е. процессы жизни, возможно обнаружить и спо-

Спуск на поверхность незнакомой планеты  
(рисунок художника А. Соколова)



собом «меченых атомов». Придуманы и другие методы, но все они окажутся действенными лишь при сделанных оговорках.

Познакомимся поближе с некоторыми автоматами, предназначенными для марсианской капсулы. Так называемая ловушка Вольфа, как пылесос, засасывает образцы марсианской пыли и смешивает ее с питательной средой. Если произойдет помутнение среды, фотоэлемент тотчас среагирует на это и передаст соответствующую информацию на Землю.

Другой автоматический прибор назван «Гулливером». Его маленькие пушки выстреливают пули, к которым прикреплены липкие щупальца. Взяв пробу, щупальца втягиваются в питательную среду. Если микроорганизмы проявят аппетит, они будут усваивать некоторое «меченое» питательное вещество и выделять  $C^{14}O_2$ .

Радиоактивный распад этой разновидности углекислого газа регистрируется счетчиком бета-частиц. Первые экземпляры «Гулливеров» уже испытывались в пустынях, на вершинах земных гор и дали отличные результаты — приборы оказались очень чувствительными.

Уже сейчас для марсианских микробов подбирается наиболее приятное «меню». В него входят сульфаты, нитраты, карбонаты. Поглотив их, микробы осуществляют брожение.

Разработаны и созданы мультиваторы — в сущности, миниатюрные биологические лаборатории, состоящие из десятка и более камер. Мультиватор снабжен фотодетекторами, которые следят за реакциями, связанными с жизнью. В частности, если марсианские ферменты напоминают нашу фосфотазу (т. е. аденоинтрифосфорную кислоту), то при взаимодействии этих ферментов с некоторыми химическими веществами в мультиваторе эти последние должны люминесцировать, что и фиксируется фотоэлементами.

Кстати сказать, фосфотаза представлена во всех живых организмах Земли. При своем распаде она дает энергию, необходимую для всех видов обмена веществ. Пожалуй, что это вездесущий спутник, по крайней мере, всех белковых форм жизни. Если автоматы разыщут ее на Марсе, значит, жизнь там есть и старая, набившая оскудину проблема, наконец, будет разрешена.

## О межпланетных экспедициях

Обычная загородная прогулка и длительное кругосветное путешествие — примерно так по характеру и сложности будут различаться полеты к Луне от экспедиций на планеты. Проекты межпланетных экспедиций находятся пока что в эмбриональной стадии. Недостатка в подобного рода проектах не испытывается — творческая фантазия всегда обгоняет факты. Однако техническая разработка проектов межпланетных экспедиций оставляет желать много лучшего. Здесь придется говорить лишь о самых общих перспективах этого весьма сложного дела.

Одна из главных проблем — энергетическая. Даже при полетах к Марсу (не говоря уже о более далеких планетах) космический корабль должен быть весьма тяжелым, весящим, по-видимому, сотни тонн. Причина понятна — марсианская экспедиция растянется на долгие месяцы, а то и годы. Но это означает, что на борту корабля должны разместиться не только космонавты, но запасы пищи, воды и, главное, топлива, необходимого для совершения маневров и обратного возвращения на Землю. Последнее представляет собой весьма сложную задачу, так как корабль, вернувшийся с Марса, войдет в атмосферу Земли не с первой и не со второй космической скоростью, а гораздо быстрее — со скоростью 15—20 км/сек.

В некоторых проектах запасы топлива предлагается разместить не на самом корабле, а в пристыкованных к его корпусу специальных топливных ракетных блоках. Каждый из них, как только его ценное содержимое будет израсходовано, отделяется от корабля, чем облегчает его дальнейший полет. Ясно, однако, что такое громоздкое сооружение, как корабль и топливные блоки, нельзя непосредственно вывести на «марсианскую» орбиту. Для ракет-носителей современного типа такая задача просто непосильна. Для полетов к Марсу (и другим планетам) в энергетическом отношении выгодна сборка марсианского корабля (включая топливные блоки) на околоземной орбите. В дальнейшем этот метод, вероятно, распространится и на другие планеты, около которых на орbitах будут собираться тяжелые ракетные комплексы для обратного возвращения на Землю.

Первая экспедиция на Марс с высадкой на его поверхность и благополучным возвращением на Землю, несомненно, обогатит человечество такими сведениями, какие не смогут получить даже самые совершенные аппараты. Природа Марса, его эволюция как планеты, формы марсианской жизни, быть может, совсем непохожие на земные — какой могучий толчок к дальнейшим исследованиям дадут даже некоторые факты, полученные по всем этим проблемам! Станет яснее, как дальше осваивать космическую «целину» не только на Марсе, но и вообще в пределах Солнечной системы. И, наверное, следующим шагом на этом пути будет создание долгодействующих обитаемых баз-станций как на поверхности Марса, так и вокруг него на околомарсианских орбитах. При этом придется решить множество очень сложных проблем, связанных с доставкой на эти станции запасов пищи, оснащения, а также с очередной сменой персонала...

Еще несколько лет назад в США поговаривали о посыльке к Марсу экспедиции примерно в 1975—1977 гг. Сейчас, когда огромные трудности высадки человека даже на Луну стали практически ощутимыми, неоправданный оптимизм уступил место разумнойдержанности. И все-таки есть основание думать, что человек побывает на Марсе еще в текущем столетии.

Осуществить полеты к более далеким планетам еще труднее, и надо думать, что после Марса пилотируемый полет состоится в окрестностях Венеры. О спуске на ее поверхность говорить пока рано — надо сначала с помощью автоматических зондов выяснить подробнее, что ждет космонавтов за мрачным облачным слоем Венеры. Есть ли там зоны, хотя бы в температурном отношении приемлемые для посадки. Опуститься же в крутой кипяток венерианских морей или на раскаленную до 300° С ее твердую поверхность — перспектива вряд ли заманчивая.

Столь же невдохновляющими, как и полет на Венеру, выглядят и некоторые современные проекты экспедиций на Меркурий. Правда, вокруг Меркурия обнаружена очень разреженная атмосфера (по-видимому, из углекислого газа) и медленная смена дня и ночи (Меркурий вращается вокруг оси с периодом 58 земных суток), но близость к Солнцу с его вредными для космонавтов излучениями заставляет относиться к проектам экспедиций на

Меркурий скептически. Другое дело — автоматические зонды. В Солнечной системе они вполне смогут стать вездесущими.

Расчеты показывают \*, что независимо от типа бортовых двигателей начальный вес межпланетного пилотиру-

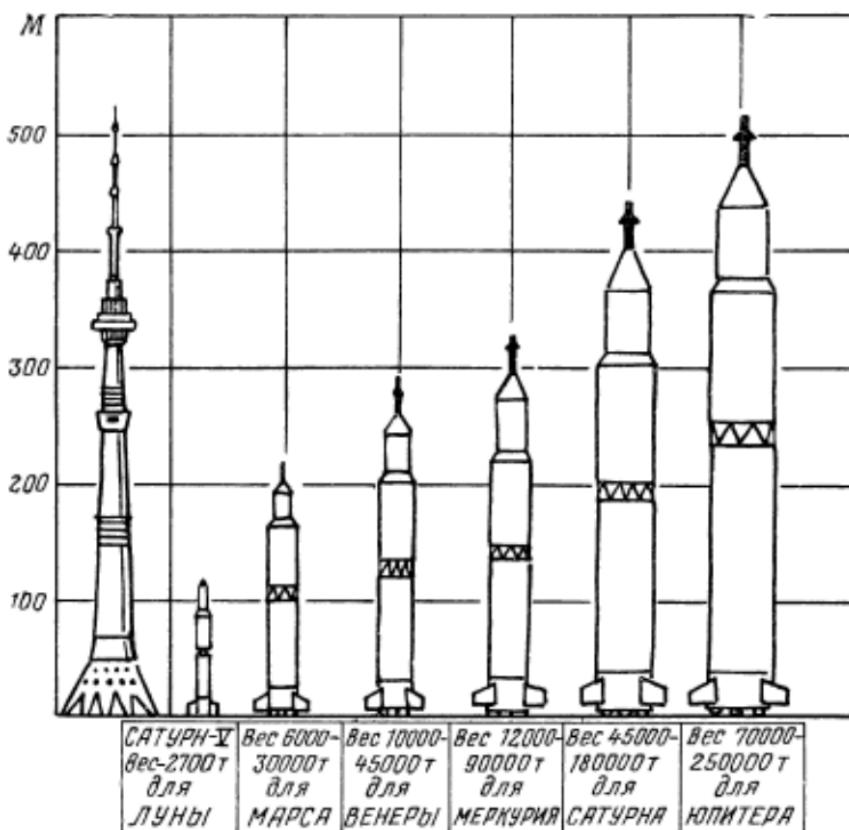


Рис. 51. Сопоставление размеров и веса перспективных ракет-носителей с высочайшим в мире сооружением — Останкинской башней (530 м)

емого космического аппарата на околоземной орбите очень велик — от сотен до нескольких тысяч тонн. Что же касается стартового веса ракет-носителей, которые будут использованы при полетах к планетам, то он в 15—30 раз

\* См. статью Н. Денисова и А. Рема «На пороге дальнего космоса» в журн. «Авиация и космонавтика», 1968, № 4.

превосходит вес полезного груза. Посмотрите на рис. 51. Если вес ракеты «Сатурн-5» равен всего 2700 т, то ракета-носитель для полета к Меркурию должна весить от 12 до 90 тыс. тонн (в зависимости от типа двигателя). Но особенно впечатляющей выглядит крайняя правая ракета-носитель, которую придется использовать для экспедиции на Юпитер. Ее вес может достичь четверти миллиона тонн, а по высоте она не уступит Останкинской телебашне!

Конечно, необходимость в этих исполинах отпадает, если собирать межпланетный комплекс на околоземной орбите (или освоить ядерные двигатели).

И все-таки, пусть в самых общих чертах, проекты межпланетных перелетов постепенно становятся на техническую основу. Это — большой шаг вперед по сравнению с теми наивными умозрительными проектами межпланетных перелетов, которые выдвигались еще полтора десятка лет назад.

## **Богаты ли планеты ископаемыми?**

Что же нас ждет на планетах? Чем обогатит человечество освоение этих небесных тел? Ответы на эти вопросы могут пока иметь характер лишь более или менее вероятных прогнозов.

Планеты земного типа, судя по всему, сформировались в тех же районах протопланетного облака, что и Земля. Можно поэтому с достаточной уверенностью утверждать, что литосфера этих планет химически и минералогически сходны с земной корой. Если это так, то на Марсе, Венере и Меркурии есть шансы обнаружить богатые залежи самых разнообразных полезных ископаемых. Поверхность Меркурия слишком плохо изучена, а поверхность Венеры постоянно скрыта облаками, поэтому общие прогнозы трудно конкретизировать. Другое дело — Марс. О его минеральных богатствах кое-что мы все-таки знаем.

Много было затрачено труда на то, чтобы по отражательной способности марсианских «материков» (оранжевых областей, занимающих большую часть марсианской поверхности) определить химический состав поверхностных пород. В итоге пришли к выводу, что по окраске поверхностные слои Марса более всего напоминают лимо-

нит ( $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ), в обиходе называемый охрой. Похоже на то, что это действительно так — во время марсианских бурь тучи какой-то желтовато-оранжевой пыли носятся в марсианской атмосфере, заслоняя от земного наблюдателя ее детали. Лимонит, этот мелкораздробленный оранжевый порошок, поднятый сильным ветром, вел бы себя именно так.

Но если Марс богат лимонитом, то из этого вещества несложными реакциями можно выделить воду, а затем, разлагая ее, получить кислород и водород. С другой стороны, обилие лимонита — водного окисла железа — косвенно указывает на то, что в марсианской коре запасы железа также, по-видимому, значительны.

Судя по непосредственным наблюдениям, Марс крайне беден водой. Если все водяные пары его атмосферы превратить в воду, она покрыла бы поверхность Марса тоненькой пленкой толщиной всего в 0,1 мм. Примерно столько же воды содержат и марсианские полярные шапки. Не исключено, что на Марсе в окрестностях его полярных шапок есть мощные пласты вечной мерзлоты.

Вероятно, среди астероидов будут найдены исполинские глыбы железа — в миниатюре они нам известны под названием железных метеоритов. В метеоритах есть те же элементы, что и на Земле. Значит, среди астероидов, быть может, удастся отыскать ценные экземпляры и отбуксировать их в окрестности Земли, что, правда, может оказаться еще более сложной задачей, чем экспедиция на Марс. Планеты-гиганты — неисчерпаемые резервы водорода, этого основного топлива для будущих термоядерных котлов. О Плутоне мы почти ничего не знаем.

Несмотря на всю скучность этих сведений, мы все же надеемся, что небесные земли всесторонне обогатят человечество.



# Кому принадлежит Космос?

Космическое право... Какое странное сочетание слов! Совокупность правил поведения каждого члена человеческого общества — социалистического или какого-нибудь иного — так определяется право, имеющее ярко выраженный классовый характер, и ... необъятные космические пространства, где пока лишь в окрестностях Земли и Луны робко совершаются первые космические полеты!

Однако это ощущение оторванности от реальных земных задач полностью исчезает, как только мы знакомимся с проблемами космического права — совокупности норм, регулирующих правовые отношения между людьми и государствами в Космосе.



С запуском первых искусственных спутников распространение земной цивилизации за пределы своей планеты стало казаться делом реальным уже в обозримом будущем и вполне оправданным было создание в конце 1959 г. в системе Академии наук СССР Комиссии по правовым вопросам межпланетного пространства. В последующие годы в советской печати были опубликованы (не считая статей и брошюр) три весьма обстоятельных сборника по космическому праву\*.

Проблемы космического права имеют общечеловеческое значение.

## Где кончается государство?

На картах сухопутные государственные границы четко отмечены некоторой кривой. На реальной земной поверхности и сухопутные, и морские границы охраняются вооруженными силами государства и точно известно, где именно проходят эти границы, где кончается данное государство.

Пока не было космических ракет, кораблей и спутников, пока существовали летательные аппараты, способные перемещаться только в атмосфере, действовало международное право, защищающее неприкосновенность, суверенитет каждого государства. Область земной атмосферы, простирающаяся над данным государством, считалась воздушным пространством этого государства. Иначе говоря, границы государства продолжали по вертикали в воздух и всякое самовольное нарушение этих границ иностранным самолетом считалось (да и считается) покушением на государственный суверенитет.

Ракеты и спутники усложнили вопрос. Уже по самому характеру законов небесной механики запущенные до сих пор искусственные спутники совершенно неизбежно пролетали над территорией многих государств, и если бы к ним применялись законы воздушного права, то каждый запуск спутника приводил бы к нарушению суверенитета многих государств.

\* 1. Проблемы космического права, ИЛ, 1961.

2. Современные проблемы космического права, ИЛ, 1963.

3. Космос и международное сотрудничество, изд. Института международных отношений, 1963.

Как быть в этом случае? На какую высоту распространяются права данного государства и где начинается никому не принадлежащее свободное пространство?

Споры вокруг этой едва ли не главной проблемы современного космического права продолжаются уже много лет, но удовлетворяющего всех решения пока не найдено.

Одни юристы полагают, что, так сказать, «сверху» каждое государство должно ограничиваться теми слоями атмосферы, где из-за высокой разреженности воздуха господствуют условия, равноценные космическому пространству. Другие считают необходимым отнести эту границу гораздо дальше, до тех пределов, где притяжение Земли перестает быть преобладающим по сравнению с притяжением небесных тел.

Есть, наконец, и такие, которые уверены, что каждое земное государство должно быть продолжено «вверх» до бесконечности! И хотя противники последней точки зрения иронически замечают, что «даже техасцам было бы трудно представить себе, что суверенитет Техаса простирается до конца Вселенной», они все же вполне резонно замечают, что «от этого не становится легче определить, до каких же пор он простирается».

Дискуссии эти носят отнюдь не отвлеченный характер. Если суверенитет государства простирается на такие области пространства, где летают иностранные ракеты и спутники, то это государство вправе в некоторых случаях рассматривать подобные полеты как нарушение своего суверенитета. А за этим могут последовать и репрессивные действия — уничтожение чужого спутника или чужой ракеты. Будут ли такие действия разбоем или законной защитой своих прав — одна из очень острых проблем космического права.

С другой стороны, если рассматривать космическое пространство, как область, в юридическом смысле подобную открытому морю (а это, бесспорно, разумная идея!), то можно ли нормы существующего международного права, применяемые к мореплавателям, перенести и на космонавтов?

Выход человечества в Космос — качественно совершенно новый этап в развитии земной цивилизации. Поэтому всякое механическое распространение земных юридических законов на Космос вряд ли правомерно. Новая

космическая эра должна изменить не только технический, но и психологический, внутренний облик человечества.

С этой точки зрения наиболее реалистической представляется позиция советских юристов:

«Безопасность государств, — пишет Г. П. Жуков, — может быть наиболее надежно ограждена со стороны космического пространства путем демилитаризации и нейтрализации этого пространства (а не путем распространения суверенитета отдельных государств на неограниченное расстояние от Земли)... Только такой подход к разрешению данного вопроса представляется единственно возможным»\*.

## Кому принадлежат небесные тела?

Пока небесные тела казались недосягаемыми, претензии на владение ими предъявлялись лишь в психиатрических больницах. Кроме, впрочем, одного случая — присвоения метеоритов. Раньше (а кое-где и сейчас) упавший на Землю метеорит присваивался тем, кто его нашел. Были случаи, когда метеориты хранились в частных домах, как диковинные «небесные камни».

Иногда безуспешно пытались использовать хрупкое метеоритное железо для разных поделок. Известен случай, когда найденный метеорит был в качестве «гнета» положен в кадку с квашеной капустой.

Словом, каждый «частный собственник» найденного небесного тела использовал его по своему усмотрению.

В нашей стране найденный кем-либо метеорит считается собственностью государства и частное его присвоение объявлено незаконным. Государственной собственностью считаются найденные метеориты и в ряде других стран.

Может ли эта исторически сложившаяся практика быть распространенной на все небесные тела?

Хорошо известно, что история географических открытий полна случаев, когда государствами и частными лицами присваивались не только необитаемые земли, но и страны, заселенные их коренными обитателями. Неужели

\* Космос и международное сотрудничество, изд. Института международных отношений, 1963, стр. 23.

освоение Космоса будет печальным повторением в грандиозных масштабах этой истории, где подчас единственным правом на обладание землей и людьми было право сильнейшего, право кулака?

В дебатах, ведущихся вокруг этих вопросов, высказываются разные точки зрения. Некоторые, как, например, австрийский юрист Э. Фазан, пускаются в пространные рассуждения по поводу того, какими размерами и массой должно обладать небесное тело для того, чтобы оно могло быть присвоено. По его мнению, присваивать метеориты можно не только тогда, когда они упали на Землю, но и во время их полета в космическом пространстве. Но метеориты — тела такой же природы и такого же происхождения, как и малые планеты — астероиды. От мелких метеоритов весом в килограммы и даже граммы существует непрерывный переход к таким астероидам, как Церера, имеющая поперечник в 780 км. Если можно присвоить метеорит, имеет ли право какое-нибудь государство в будущем присвоить Цереру?

Э. Фазан считает, что всякий обломок в пространстве, который можно использовать и взять под контроль, может быть присвоен. И далее он поясняет, что «даже глыба, имеющая километр в поперечнике, может быть присвоена, если соответствующая страна или государство имеет возможность перемещать ее в любом направлении посредством механических приспособлений, то есть ракет и т. п.» \*.

Нетрудно видеть, что в споре о «границе масс» так же легко уйти в сколастику, как и в дискуссии о границах государственного суверенитета. В самом деле, при достаточно мощных взрывах (скажем, большого количества термоядерных бомб) человечество уже сегодня (в принципе) могло бы сдвинуть с ее орбиты даже такой астероид, как Церера. Некоторые же зарубежные ученые предлагают в будущем осуществить и еще более грандиозные технические мероприятия: передвинуть Землю и другие большие планеты на орбиты, более близкие к Солнцу. Означает ли это, что в таком случае планеты могут быть присвоены? И на какое расстояние надо сместить плане-

---

\* Современные проблемы космического права, ИЛ, 1963, стр. 300.

ту, чтобы получить на нее право собственности — на миллионы километров, метры или микрона?

В противоположность мнениям о возможности присвоения небесных тел, запутывающим и без того сложный вопрос, Советский Союз на протяжении уже многих лет отстаивает совершенно ясную позицию: небесные тела не могут быть присвоены каким-либо государством или, тем более, частной организацией. Космическое пространство и небесные тела должны быть доступны для мирного исследования и использования всеми государствами.

Эта единственная возможная и вполне реалистическая программа действий человечества в Космосе находит себе все большее и большее число сторонников. Она отражена в резолюциях Генеральной Ассамблеи ООН 1961 и 1963 гг., а также в ряде других международных официальных документов. Очень важной инициативой в этом вопросе было письмо Министра иностранных дел СССР А. А. Громыко Генеральному секретарю ООН У Тану. В этом письме, опубликованном в июне 1966 г., правительство Советского Союза предлагает заключить международное соглашение, регулирующее наиболее актуальные проблемы космического права. В основу такого соглашения предлагалось положить следующие основные принципы:

«1. Луна и другие небесные тела открыты для исследования и использования всеми государствами без какой бы то ни было дискриминации. Все государства пользуются свободой научного исследования Луны и других небесных тел на равных основаниях и в соответствии с основными принципами международного права.

2. Луна и другие небесные тела должны использоваться всеми государствами исключительно в мирных целях. На Луне и на других небесных телах не должны создаваться какие-либо военные базы и установки, в том числе установки ядерного и другого оружия массового уничтожения любых видов.

3. Исследование и использование Луны и других небесных тел осуществляется на благо и в интересах всего человечества; они не могут быть объектом присвоения или каких-либо территориальных притязаний.

4. При исследовании Луны и других небесных тел государства руководствуются принципами сотрудничества

и взаимной помощи и осуществляют свою деятельность с должным учетом соответствующих интересов других государств в целях поддержания международного мира и безопасности».

И в этом документе, как и в вопросе о «высотных» границах государственного суверенитета, главная, основная идея — мирное сотрудничество в Космосе. При таком подходе к делу становятся в принципе разрешимыми все даже наиболее сложные проблемы космического права.

Получилось так, что начало освоения Космоса совпало с планомерным освоением самого сурового из земных материков — Антарктиды. Он не принадлежит ни одному из государств, но ряд государств (в том числе и Советский Союз) в рамках мирного международного сотрудничества стремится использовать богатства Антарктиды на благо всего человечества. Неплохой пример, достойный подражания и в космической практике!

Но если космическое пространство не может принадлежать ни одному из земных государств или наций (такова позиция советского космического права), то это вовсе не означает, что в Космосе должен господствовать некий юридический «вакuum», отсутствие всех и всяческих прав, где каждый может действовать так, как ему заблагорассудится.

«Все общепризнанные нормы международного права (о недопустимости применения силы для разрешения международных конфликтов, о непричинении ущерба иностранным гражданам и имуществу, об ответственности государства за действия своих агентов и т. д.) действуют и в Космосе», — писал Е. А. Коровин еще в 1959 г.\*

Мирное сотрудничество в Космосе не отрицает, а, наоборот, предполагает строгий правопорядок, обеспечивающий на практике такое сотрудничество. В этом направлении первые шаги были сделаны еще несколько лет назад.

В декабре 1963 г. Генеральная Ассамблея ООН приняла декларацию, в которой говорится, что «государства рассматривают космонавтов, как посланцев человечества в Космос и оказывают им всемерную помощь в случае

\* Е. А. Коровин, «О международном режиме космического пространства», «Международная жизнь», 1959, № 1.

аварии, бедствия или вынужденной посадки на территории иностранного государства или в открытом море». Однако при этом подчеркивается, что «права собственности на космические объекты, запущенные в космическое пространство, и на их составные части остаются незатронутыми во время их нахождения в Космосе и по возвращении на Землю»\*.

В том же 1963 г. с США был заключен договор о запрещении испытаний ядерного оружия в трех средах — в атмосфере, под водой и в космическом пространстве. В том же году Генеральная Ассамблея ООН приняла резолюцию о невыводе на космические орбиты объектов с ядерным оружием или другими видами оружия массового уничтожения. Наконец, в начале 1967 г. был заключен договор «О принципах деятельности государств по исследованию и использованию космического пространства, включая Луну и другие небесные тела».

Читая эту статью этого важнейшего документа и ловишь себя на мысли — не глава ли это из какого-то научно-фантастического романа? Согласитесь, что даже для нашего привыкшего к космическим научным сенсациям сознания как-то непривычно выглядят вполне официальные и совершенно серьезные заявления о том, что «космическое пространство, включая Луну и другие небесные тела, не подлежит национальному присвоению ни путем провозглашения на них суверенитета, ни путем использования или оккупации, ни любыми другими средствами».

А с другой стороны, разве не растущим сознанием планетарного единства всего рода человеческого проникнуты полные достоинства слова:

«Государства — участники договора рассматривают космонавтов, как посланцев человечества в Космос и оказывают им всемерную помощь в случае аварии, бедствия или вынужденной посадки на территории другого государства — участника договора или в открытом море».

Посланцы человечества, земляне — именно так должны мыслить о себе представители новой, рождающейся космической цивилизации.

---

\* А. И. Иокрыш и М. И. Лазарев, Атом и Космос, Атомиздат, стр. 86.

Характерна еще одна черта этого замечательного документа — его практическая направленность, пожалуй, даже некоторое хозяйствское отношение к космическим окрестностям Земли, к ближнему Космосу:

«Государства — участники договора осуществляют изучение и исследование космического пространства, включая Луну и другие небесные тела, таким образом, чтобы избегать их вредного загрязнения, а также неблагоприятных изменений земной среды вследствие доставки внеземного вещества, и с этой целью, в случае необходимости, принимают соответствующие меры».

И еще: «Все станции, установки, оборудование и космические корабли на Луне и других небесных телах открыты для представителей других государств — участников договора на основе взаимности», причем все эти государства осуществляют свою деятельность в Космосе «в интересах поддержания международного мира и безопасности и развития международного сотрудничества и взаимопонимания».

Вслед за Советским Союзом, США и Великобританией Договор подписали представители очень многих государств. Нет сомнения, что со временем к нему присоединятся и все остальные государства нашей планеты.

Тем же благородным целям — мирному сотрудничеству в освоении Космоса — способствует и международное соглашение об оказании помощи космонавтам, потерпевшим аварию, заключенное в 1968 г.

## **Проблемы важные, но далекие**

Характернейшая черта нашего времени — необычайно быстрый прогресс науки и техники. Взлет человечества на вершины технического могущества совершается столь стремительно, что жизнь значительно опережает самые оптимистические прогнозы.

Общеизвестно, что даже такой гениальный и необычайно смелый мыслитель, как К. Э. Циолковский, чаял осуществление своих космонавтических проектов лишь через сотни лет. Британское межпланетное общество за 3 года до запуска первого искусственного спутника предсказало, что такой спутник будет выведен на орбиту лишь

в 1965 г., а первое «прилунение» земного аппарата состоится не раньше 2000 года!

Примеров таких неудачных прогнозов — великое множество. По-видимому, человечество еще не осознало в полной мере смысл тех радикальных изменений, которые с ним происходят. А смысл их, судя по всему, заключается в том, что на протяжении ближайшего века (а, возможно, и быстрее) человечеству предстоит превратиться в космическую цивилизацию. Покинув свою земную колыбель, оно расселится в пределах Солнечной системы, освоит и поставит на службу себе колоссальные природные ресурсы вещества и энергии небесных тел.

Но если это так, если человечество действительно «не останется вечно на Земле», а расселится на просторах Космоса, то задачи космического права расширятся чрезвычайно. Оно должно обеспечить правопорядок в космической жизни будущего человечества.

Было бы наивным полагать, что уже сегодня можно предусмотреть все детали взаимоотношений людей через сотни лет, да и даже через десятилетия.

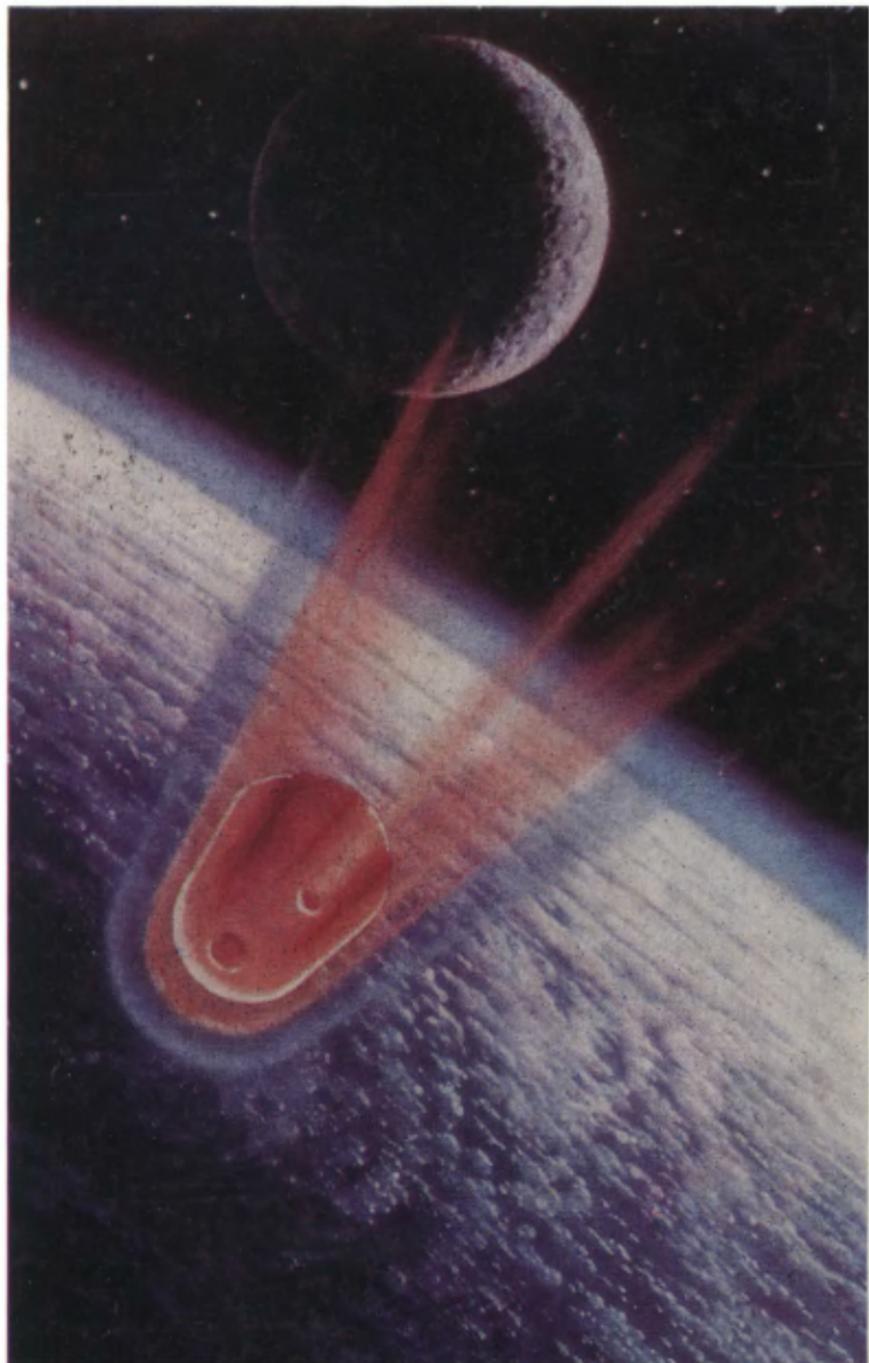
Нет спора, наиболее важны те проблемы космического права, которые выдвинула космическая деятельность современного человечества — о некоторых из этих проблем мы уже говорили. Ими надо заниматься в первую очередь. Однако это не исключает интереса к проблемам, пока как будто еще очень отвлеченным.

Мы ограничимся только одним примером такой отвлеченной проблемы. Она представляет общечеловеческий интерес и ею занимались некоторые видные деятели зарубежного космического права (Э. Хейли, А. Б. Араухо и др.).

Нет сомнений, что земная цивилизация — не единственное в Космосе общество разумных существ. Даже по самым скептическим оценкам общее количество высоко развитых внеземных цивилизаций в одной нашей Галактике исчисляется сотнями тысяч или даже миллионами. Но тогда возникает проблема — как должны вести себя земные космонавты при возможной встрече с инопланетянами? Можно ли в данной ситуации говорить о каких-либо правовых нормах поведения?

По мнению известного американского «космического» юриста Э. Хейли, принципы космического права следует применять к любым формам жизни, в отношении которых

Возвращение из Космоса на Землю  
(рисунок художника А. Соколова)



«могут предположить, что они могут быть на уровне развития человека». При этом он обращает внимание на то, что внешние формы разумных существ могут весьма отличаться от облика человека, что не снимает с последнего обязанности относиться к ним исходя из общеизвестного принципа: «Поступай в отношении других так, как хочешь, чтобы они поступали в отношении тебя». Отсюда Э. Хейли дает такой практический совет космонавтам: «Если будут открыты формы жизни, способные к разумному общению, то земной космический корабль не должен идти на посадку до тех пор, пока не последует приглашение, основанное на полном и взаимном знании связанного с этим риска» \*.

Человечество, вступив в контакт с внеземными разумными существами, разумеется должно выступать не в роли колонизатора и покорителя (повторяя печальный опыт земных авантюристов и захватчиков), а с миссией мира и содружества. Именно таким высшим гуманизмом проникнуты те многочисленные высказывания К. Э. Циолковского, где он говорит о содружестве человечества и внеземных цивилизаций, о братстве всех разумных существ Космоса, о том, что со временем должны объединиться «ближайшие группы солнц, млечные пути» \*\*.

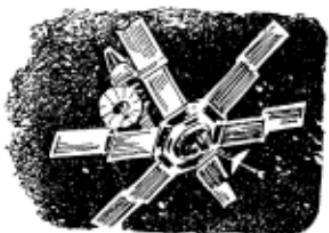
Не исключено, что на некоторых планетах (например, на Марсе) космонавты встретят не инопланетян, а следы погибшей по каким-либо причинам внеземной цивилизации. С другой стороны, как отмечает уругвайский юрист А. Б. Араухо, не исключено, что на других планетах человек столкнется «с остатками прошлых звездных экспедиций, или с архивами, умышленно укрытыми в местах, где они могут быть сохранены...» или с другим имуществом инопланетян. Такие находки могут дать исключительно много для понимания процесса развития разумной жизни в пределах Солнечной системы.

Даже сама постановка подобных вопросов показывает, какой огромный круг проблем предстоит решать деятелям в области космического права. Но, повторяем, не гипотетическое общение с инопланетянами должно в первую очередь волновать сегодня «космических» юрис-

\* Современные проблемы космического права, ИЛ, 1963, стр. 363.

\*\* К. Э. Циолковский, «Путь к звездам», изд-во АН СССР, 1960, стр. 307.

тов. Им предстоит нечто несравненно более важное — помочь всеми силами установлению мирного правопорядка в Космосе.



# Космонавтика вчера, сегодня, завтра

Говорят, что все познается в сравнении. Масштабы и значение современной космонавтики станут ощущимее, если мы сравним сегодняшнюю космическую деятельность человечества с тем, что было в прошлом, совсем недавно и с теми великими проектами, которые еще предстоит воплотить в жизнь.

«Сначала неизбежно идут: мысль, фантазия, сказка. За ними шествует научный расчет. И уже в конце концов исполнение венчает мысль» — так характеризует К. Э. Циолковский обязательные этапы человеческого познания, человеческой практики \*.

\* К. Э. Циолковский, Собрание сочинений, т. II, изд-во АН СССР, 1954, стр. 180.



У самых истоков космонавтики мы встречаем фантазии, сказки, мифы о полете к небесным телам, например — миф об Икаре. Но параллельно с ними, еще без всяких теоретических расчетов, а чисто опытно, эмпирически развивается примитивная ракетная техника — основа современной космонавтики. Законы механики и закон всемирного тяготения, сформулированные Исааком Ньютона, дали отличную основу для теоретических расчетов траекторий ракет — на Земле и в Космосе. Циолковский и другие пионеры космонавтики старым фантастическим идеям находят техническое обоснование. В одних случаях оно поистине гениально (таковы почти все работы Циолковского), в других, с современной точки зрения, — наивно. Но и то и другое вместе с быстро прогрессирующей техникой подготавливает почву для окончательного «исполнения», которое действительно «венчает мысль».

На нескольких конкретных примерах читатель проследит долгий путь от крыльев Икара к современным космическим кораблям. Но настоящему всегда противостоит будущее. То, что кажется сегодня вершиной технического прогресса, со временем нашими потомками будет оценено, как детские забавы. Мы можем попытаться представить себе (разумеется, в самых общих чертах) ту высоту, с которой будет сделана такая оценка. Разумеется, высказанные в этой главе прогнозы будущего космонавтики спорны, как, впрочем, и любые прогнозы. Но в каждом деле должна быть перспектива, тем более в таком величайшем из человеческих дел, как освоение Космоса. Разговоры о будущем космонавтики нужны еще и потому, что кое-кто до сих пор пытается доказать, что у космонавтики нет и настоящего, что вместо полетов в Космос нужно проявлять большую заботу об улучшении жизни на Земле. Мы постараемся доказать, что такое противопоставление нелепо, что все пути ведут в Космос и что именно космическая деятельность человечества принесет ему, говоря словами Циолковского, «бездну могущества».

## Первые шаги

Когда родилась космонавтика? Какой вехой в истории человечества отмечен пункт, с которого началось восхождение от Земли к небу?

Некоторые начинают историю космонавтики с древнегреческого мифа о Дедале и Икаре, воспарившем на крыльях к Солнцу. Но еще ранее, примерно за 20 веков до нашей эры (о чем свидетельствуют сохранившиеся клинописные тексты\*), бытовали легенды и мифы о полетах на птицах к небесным телам. Любопытна странная деталь: в ассирийских преданиях сохранились сказания о полете в небо древнего царя Этана, который якобы поднялся на такую высоту, что Земля представилась ему совсем маленькой, в виде «хлеба в корзине», а затем и совсем исчезла из глаз. Что это — безудержная фантазия или загадочное предвидение будущих наблюдений?

Ни в коей мере не собираясь излагать даже кратко историю космонавтики (это подробно сделано в других книгах\*), мы хотим отметить некоторые, особенно значительные факты.

Напомним прежде всего о великом творении Исаака Ньютона, его книге «Математические принципы натуральной философии», где еще в 1687 г. опубликована задача о ядре, способном «окружить Землю».

Перед нами — рождение идеи: создание искусственно-го спутника Земли. Конкретная мысль, конкретная дата, от которой, если угодно, можно отсчитывать начало теории искусственных спутников Земли и межпланетных полетов. К сожалению, в иных случаях выяснить, кто был первым, не так просто. Когда, например, родилась идея о полете к небесным телам на ракете?

До наших дней дошла легенда о древнекитайском изобретателе Ван Гу, который в 1500 году якобы пытался даже сам совершил полет с помощью пороховых ракет. Но это, увы, лишь легенда, в которую можно верить или не верить.

В 1649 г. известный французский писатель и путешественник Сирено де Бержерак написал книгу «Иной свет, или Государства и империи Луны», где среди разных, подчас совершенно нелепых и фантастических спо-

\* Л. Экономов. Повелители огненных стрел, изд-во «Молодая гвардия», 1964.

Л. Экономов. Поиски крыльев, изд-во «Знание», 1969.  
Л. Е. Колодный. Земная трасса ракеты, Госполитиздат, 1965.

Г. М. Крамаров. На заре космонавтики, изд-во «Знание», 1965.

собов достижения соседнего небесного тела предлагается использовать «летающий экипаж», полет которого обеспечивается ракетами.

До Циолковского были «мечты, фантазии, сказки», среди которых удается найти и очень интересные отдельные идеи. Любопытно, например, что еще в 1591 г. бельгиец Жан Бови оставил нам описание и чертежи составных ступенчатых ракет, а в 1650 г. поляк Казимир Семенович развил эти идеи.

Помните проект летательной машины знаменитого революционера Николая Кибальчича (1881 г.) — удивительное для того времени техническое оформление правильной идеи (рис. 52).

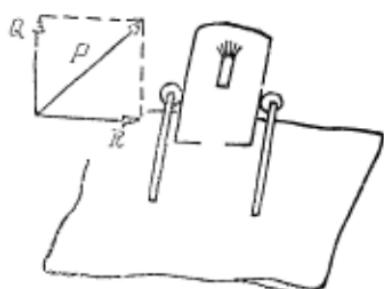


Рис. 52. Проект летательной машины Николая Кибальчича

Нет нужды обосновывать приоритет «отца космонавтики» Константина Эдуардовича Циолковского — сегодня он общепризнан. О жизненном подвиге, трудах и мечтах великого калужанина написано множество книг\*. Пожалуй, лучшую и вполне заслуженную характеристику роли Циолковского

го в развитии космонавтики дал один из многочисленных продолжателей его трудов известный немецкий деятель в области космонавтики Герман Оберт:

«Вы зажгли огонь, — писал Оберт Циолковскому, — мы не дадим ему погаснуть, но приложим все усилия, чтобы исполнилась величайшая мечта человечества».

В конце прошлого века и в первом двадцатилетии текущего века многие шли по тому же пути, что и Циолковский. В эти десятилетия закладывались основы современной космонавтики. В 1891 г. австриец Франц Гефт начал разрабатывать теоретические планы космических полетов. В 1906 г. один из пионеров французской авиации Эсно-Пельтри начал публикацию работ по теоретическим основам ракетной техники и космонавтике. Год спустя Герман Оберт включился в разработку проектов косми-

\* См., например, М. С. Арлазоров, Циолковский, изд-во «Молодая Гвардия», 1967.

ческих ракетных кораблей, в которых сначала предлагалось использовать твердое топливо, а в 1913 г., через десять лет после Циолковского, — жидкостно-реактивный двигатель.

В эти же годы американец Роберт Годдард положил начало американской космонавтике, причем с 1915 г. он проводил экспериментальные работы с ракетами.

Многие, повторяем, шли по пути Циолковского, вслед за ним, иногда рядом с ним. Это были талантливые «дети разных народов», пролагавшие путь к звездам. Но ни один из них не достиг в своих работах тех поистине беспредельных масштабов идей, как Циолковский. Никто ни до него, ни после не представлял себе задач космонавтики столь всеобъемлюще, как он. Никто не мыслил себе космонавтику, как средство расселения человечества в Космосе, как то единственное, что способно превратить человечество в космическую цивилизацию. И никто не поднимался до таких и сегодня поражающих наше воображение идей, как объединение солнечных систем и млечных путей в единый дружный коллектив разумных обитателей Космоса.

Циолковский — это не только прошлое космонавтики, не только ее основа. Циолковский живет и в сегодняшних космических свершениях человечества. Но самое замечательное в этом изумительном, неповторимом человеке, что его мысли, идеи, проекты принадлежат будущему, причем даже такому далекому, что его трудно себе представить.

Творения Циолковского, многие из которых, увы, до сих пор не извлечены из архивов, — неисчерпаемый источник безмерно смелых, гениальных идей, так нужных сегодняшним и будущим покорителям Космоса.

Вспоминается еще одна важная веха в истории космонавтики, нашей, отечественной.

...Тысяча девятьсот двадцатый год. Трудное, опасное время для только что родившейся Советской республики. В это ли время, когда «на карту поставлено все», когда зарубежный имперализм еще не отказался от попыток насилием снова навязать русскому народу старый режим, в это ли время думать о межпланетных полетах, о встречах с разумными обитателями Космоса?

В конце 1920 года в Москве состоялась Губернская конференция изобретателей, на которой с обоснованием

проекта межпланетного корабля-аэроплана выступил Фридрих Артурович Цандер. Докладу предшествовала многолетняя работа Ф. Цандера над отдельными проблемами рождающейся космонавтики.

Космолет Цандера, судя по его проекту, состоял из двух самолетов, меньший из которых был вмонтирован в больший, причем фюзеляжи обоих самолетов входили в корпус ракеты. Крылья и хвостовое оперение предлагалось сделать втягивающимися внутрь ракеты — ведь они нужны были только при взлете. Большой самолет использовался для взлета, меньший для спуска, а сама ракета — для межпланетного полета. Любопытно, что в целях экономии веса корабля Цандер предлагал сжигать в ракетном двигателе использованные части большого самолета и даже самой ракеты. Это была смелая идея, привлекающая внимание и сегодня.

## **Это начиналось так...**

Поначалу все выглядело, конечно, очень скромным. Газета «Вечерняя Москва» в номере от 25 мая 1924 г. сообщала:

«В помещение обсерватории б. Трындинина (Лубянка, 13) состоялось организационное собрание инициативной группы по изучению межпланетных путешествий...». Председателем этого первого советского космонавтического общества был избран старый член партии, политкаторжанин Г. М. Крамаров, душой его стал Ф. А. Цандер. Насколько велик еще в те годы был интерес к космонавтике, свидетельствует хотя бы тот факт, что когда 1 октября 1924 г. в Московском университете состоялся общественный диспут на тему: «Полет на другие миры», конная милиция с трудом сдерживала напор желающих попасть в аудиторию.

Правда, этот энтузиазм еще не имел прочной основы — к сожалению, многие из ответственных работников в те годы не понимали значения зарождавшейся космонавтики и первое советское космонавтическое общество просуществовало лишь год. Еще менее долговечным оказалось «Центральное бюро по исследованию ракетных проблем», созданное в 1924 г. в Москве по инициативе

К. Э. Циолковского и его друга известного советского биофизика А. Л. Чижевского.

И все же ничто не могло остановить начавшегося движения в Космос. В 1927 г. в Москве работала организация изобретателей, разрабатывавших проекты космических ракет. Пожалуй, самым заметным результатом работы этой группы была первая «Мировая выставка моделей межпланетных аппаратов и механизмов конструкций» изобретателей и ученых разных стран.

Значение всех этих первых шагов советской космонавтики было немалое — они подготавливали общественное мнение к новым, технически реальным идеям, совсем недавно многим казавшимся безумными. Постепенно в сферу космонавтики вовлекались новые талантливые люди, складывались зачатки будущих творческих коллективов.

Конец 20-х годов текущего века отмечен появлением двух организаций, поставивших космонавтические проблемы на практические рельсы. Это — Ленинградская Газодинамическая Лаборатория (ГДЛ), основанная инженером и изобретателем Н. И. Тихомировым, и ленинградская Группа изучения реактивного движения (ГИРД), возглавленная инженером В. В. Разумовым. В начале 30-х годов в Москве тоже была создана ГИРД, и ее руководителем стал Сергей Павлович Королев.

Еще в 1921 г., когда не окончилась гражданская война, Н. И. Тихомиров создал в Москве первую в нашей стране исследовательскую и опытно-конструкторскую лабораторию по ракетной технике. В 1927 г. она переехала в Ленинград и получила наименование ГДЛ, а уже год спустя эта лаборатория начала летные испытания ракет на бездымном шашечном порохе. В 1929 г. в ГДЛ был разработан первый в мире электрический ракетный двигатель, а в три последующие года — первые отечественные ЖРД. В конце 1933 г. на базе ГДЛ и ГИРД был создан Реактивный научно-исследовательский институт — первая в СССР крупная исследовательская организация по ракетостроению.

...17 августа 1933 года. Подмосковье, теплый солнечный день. К старту готовится первая советская ракета с ЖРД — предшественник будущих советских космических кораблей. Главный конструктор этой ракеты (рис. 53) с индексом «09» — Михаил Клавдиевич Тихонравов.

В качестве горючего использовался сгущенный, маслообразный бензин. Окислителем служил жидкий кислород. Обратимся к документу, который красноречивее любого пересказа опишет события этого знаменательного дня. Это — акт комиссии, наблюдавшей полет первой «жидкостной» советской ракеты:

«Сего 17 августа, осмотрев объект и приспособления к нему, поставили выпустить его в воздух. Старт состоялся на станции Нахабино 17 августа в 19 часов 00 минут. Вес объекта приблизительно 18 кг. Вес топлива тверд. бензин — 1 кг, вес кислорода — 3,45 кг. Давление в кисл. баке — 13,5 атм. Продолжительность взлета от момента запуска до момента падения 18 сек. Высота вертикального подъема на глаз приблизительно 400 мет. Взлет произошел медленно, на макс. высоте ракета пошла по горизонтали и затем по отлогой траектории попала в соседний лес».

Казалось, трудно увидеть в этом событии великое будущее. Но создатели ракеты «09» и все свидетели первого ее полета возвращались домой безмерно счастливые, воодушевленные на новые дерзания.

От этих дней до октября 1957 года — почти четверть века. Годы напряженной работы над усовершенствованием ракет, годы Великой Отечественной войны, где прославленные «катюши» получили боевое крещение.

В послевоенные годы мирные исследовательские ракеты взлетают вверх на десятки, первые сотни километров. Каждый новый рекорд воспринимается как научная сенсация — да так оно, собственно, и было. А когда в нашей стране появились мощные баллистические ракеты, стало ясным — первый полет в Космос не за горами.



Рис. 53. Первая советская ракета с ЖРД — «ГИРД-09»

вверх на десятки, первые сотни километров. Каждый новый рекорд воспринимается как научная сенсация — да так оно, собственно, и было. А когда в нашей стране появились мощные баллистические ракеты, стало ясным — первый полет в Космос не за горами.

В августе 1955 г. на Международном конгрессе астронавтов в Копенгагене акад. Л. И. Седов от имени советской общественности заявил:

«Настало время, когда можно направить все силы и средства на совместимые усилия по созданию искусственного спутника и переключить военный потенциал в технике ракет на мирные и благородные цели развития космических полетов».

4 октября 1957 г. на космическую орбиту был выведен первый в мире советский искусственный спутник Земли.

## **Земные профессии спутников**

Прошло первое десятилетие космической эры. И вот итог: только в Советском Союзе выведено на орбиты искусственных спутников Земли, Солнца и Луны 254 станции и корабля общим весом свыше 736 тонн (не считая веса конечных ступеней ракет). Тридцать один космонавт СССР и США совершили полеты на 23 кораблях-спутниках Земли, а 22 станциям общим весом свыше 30 т сообщена скорость, близкая ко второй космической скорости.

Начало второго десятилетия ознаменовалось наращиванием темпов освоения Космоса. Уже к середине марта 1968 г. общее число выведенных на орбиты космических аппаратов приблизилось к восьмистам, причем их общий суммарный вес достиг 2300 т (рис. 54 и 55). Сейчас, когда вы читаете эти строки, приведенные числа уже давно стали пройденным этапом. Неуклонно растет (и с каждым годом все стремительнее) как общее число искусственных небесных тел, так и их масса. Если и дальше все пойдет, как теперь, то к 1990 году вокруг Земли будет обращаться миллион спутников!

Но вот иногда приходится слышать вопрос — а зачем нам Космос? К чему эти огромные усилия миллионов людей и колоссальные затраты материальных средств? Не лучше ли вместо освоения Космоса обратить все свои усилия на решение чисто земных проблем (а их так много!)? Что дает космонавтика людям в их практической, повседневной жизни?

Вопросы естественные, хотя и, что называется, житейские. Отмахнуться от них не удастся, потому что каждый труженик имеет право знать, на что расходуются его

сили и какая от этого польза. И что греха таить — кое-кому освоение космоса кажется таким же безумием, как попытка наполнить золотом бездонную бочку.

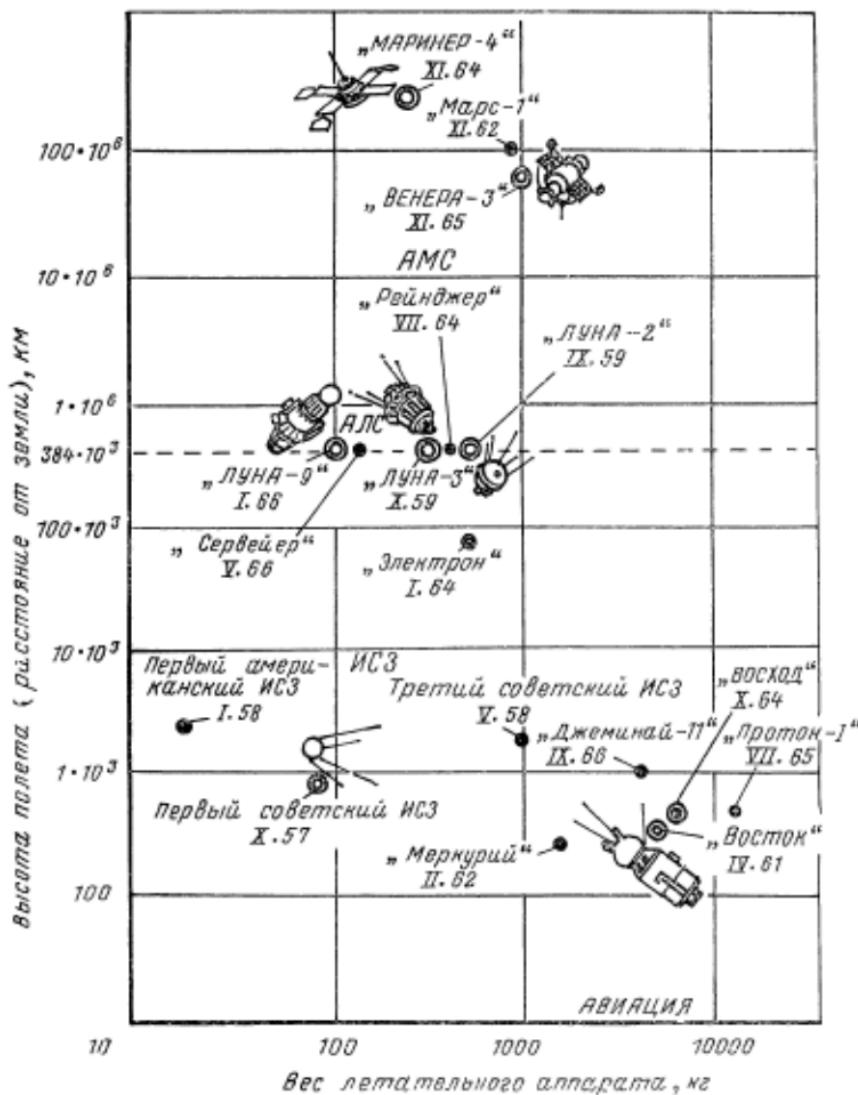


Рис. 54. Вес и дальность полета некоторых космических аппаратов

Спора нет — космонавтика уже сегодня значительно расширила наши знания об окружающем нас мире. В окрестностях Земли, в межпланетном пространстве, на Лу-

не, Венере и Марсе космические аппараты открыли много удивительных фактов, явлений, которые остались бы неизвестными, если бы не было космонавтики. А ведь в конце концов жажда знания — главный стимул человеческой деятельности. Все, что делается (и будет делаться) для освобождения человека от всевозможных материальных забот, в сущности, преследует ту же цель — представить ему максимальные возможности и максимальную свободу в познании мира. И даже самый закоренелый обыватель, по крайней мере на словах, согласится с тем, что смысл жизни не сводится к сытости и материальному благополучию, а к чему-то более высокому, достойному разумного существа — осмысливанию своего места и своей роли во Вселенной. И здесь космонавтика уже сегодня оправдывает возлагаемые на нее надежды.

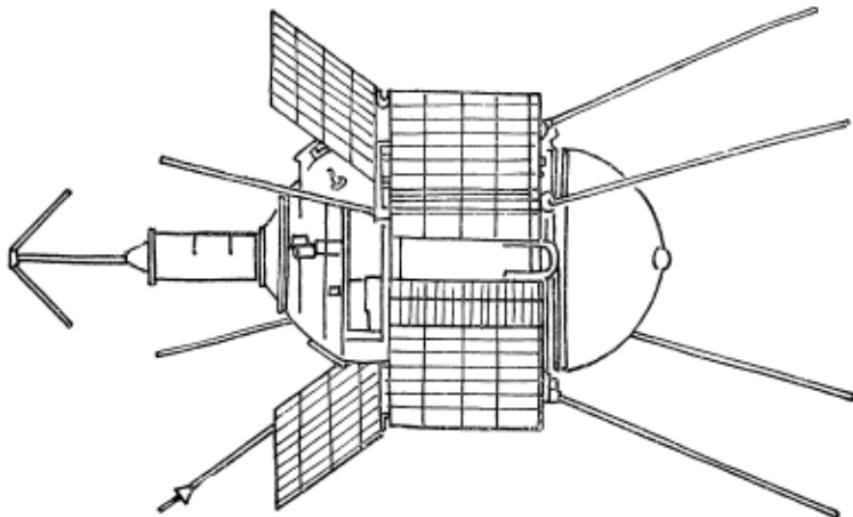


Рис. 55. Один из спутников серии «Космос».

Бесспорно и то, что развитие космической техники оказывает заметное положительное влияние на некоторые стороны земного производства. Оно стимулирует быстрый прогресс телемеханических средств управления, развитие миниатюрных технических устройств. Успехи космической медицины сказываются на прогрессе медицины вообще. Все это так, и в дальнейшем «космизация» земного производства, несомненно, усилится.

Но ждут от космонавтики другого — чтобы уже сегодня

ня затраченные средства давали ощутимый эффект, чтобы уже сегодня роль космонавтики чувствовалась в практической деятельности человека.

Не всегда такие претензии справедливы — можно ли от младенца требовать, чтобы он был кормильцем? И тем



Рис. 56 Так выглядит наша Земля из Космоса (фото Земли, переданное с расстояния 90 000 км. АМС «Зонд-5»)

не менее на двух примерах уже сегодня вполне «весома и зrima» практическая роль космонавтики.

Пример первый — метеорологические искусственные спутники Земли.

Кто из нас не испытывал горестного разочарования, когда вопреки прогнозам синоптиков о чудесной солнечной погоде «без осадков» с утра до ночи моросят мелкий

противный дождь? В такие дни принято упрекать синоптиков, но, право же, эти упреки незаслужены. Задача, решению которой они отдают свои силы, неимоверно сложна. Погода в данном районе зависит от тысяч причин, которые не всегда можно учесть. Некоторые из них имеют космическое происхождение, например, солнечную активность, что только увеличивает трудности. Чем точнее будет известно состояние атмосферы и чем к большей площади будут относиться эти сведения, тем точнее получатся прогнозы.

До запуска ИСЗ метеорологи пользовались главным образом информацией, поступавшей с наземных метеорологических станций. Сеть этих станций не была густой и уж во всяком случае не охватывала паутиной сетью всю планету. Спутники позволили взглянуть на Землю «сверху», из Космоса, и увидеть, что творится в земной атмосфере днем и ночью, над сушей и над океанами (рис. 56). И сведения от ИСЗ стали поступать в метеорологические центры для обработки и использования. В сущности, благодаря спутникам создана глобальная метеослужба и метеорология перешла на новую, куда более высокую ступень.

Как Советский Союз, так и США запустили и запускают на орбиты большое количество метеорологических спутников. С борта спутников на Землю передаются изображения обширнейших пространств земной атмосферы — изображения, на которых даже неметеоролог сразу различает исполинские циклоны, спокойную ясную область, знакомые очертания материков, океанов, морей.

На всей Земле действуют более 10 тысяч метеорологических станций. Казалось бы, эта огромная сеть должна полностью удовлетворить нуждам метеорологии. Но это не так — огромные пространства океанов и пустынь, труднодоступные горные и полярные районы не охвачены метеорологической сетью. В итоге около 80 процентов поверхности Земли не имеют пунктов наблюдения за атмосферой. А ведь нередко именно в этих недоступных метеорологам районах Земли, над полярными снегами, горами и океанами, «варится» погода!

Сама жизнь заставила обратиться к помощи спутников. Самолеты, вылетающие из Москвы, за какие-нибудь 10—12 часов достигают пунктов, расположенных в другом полушарии нашей планеты. Сверх дальние регуляр-

ные рейсы самолетов густой сетью покрывают весь земной шар. И, конечно, летчику, штурману самолета надо знать состояние погоды на протяжении всей трассы. Чтобы обслужить метеоданными все рейсы, надо иметь сведения о состоянии атмосферы в масштабах всей Земли. Существующая сеть метеостанций тут бессильна — требуется помочь спутников, которым «сверху видно все». В надежных сведениях о погоде и в метеорологических прогнозах остро нуждаются также торговый, рыболовный флот, работники сельского хозяйства.

В 1967 г. в Советском Союзе была создана опытная метеорологическая система «Метеор». Она состояла из двух метеорологических спутников «Космос-144» и «Космос-156», а также наземных пунктов приема, обработки и распространения метеорологической информации. Опыт оказался настолько интересным и многообещающим, что о нем стоит рассказать подробнее.

Оба спутника были снабжены телевизионной аппаратурой, которая регистрировала изображение облачного, снежного и ледового покровов на дневной стороне Земли. Имелась и инфракрасная аппаратура, способная «видеть» те же объекты на темном, ночном полушарии Земли. Часть приборов измеряла тепло, излучаемое Землей, атмосферой и облаками, а радиотехнические средства регистрировали, «запоминали», а затем в нужный момент передавали на Землю всю собранную информацию. Стоит добавить, что на спутниках размещалась система ориентации в пространстве, а питалась вся аппаратура солнечными и химическими батареями.

Любопытны орбиты спутников «Космос-144» и «Космос-156» (рис. 57). Нетрудно сообразить, что для метеоспутников наиболее выгодны полярные и почти круговые орбиты. Первое обеспечивает обзор всех районов земного шара, второе дает постоянство масштабов измерений и изображений, что облегчает обработку. Советские спутники почти удовлетворяли этим идеальным требованиям. Их орбиты были почти круговыми с высотой 625—630 км, а наклоны орбит к плоскости земного экватора составляли 81 градус.

Спутники следовали друг за другом на угловом расстоянии в 95 градусов и благодаря этому они наблюдали за погодой над каждым из районов земного шара с интервалом в шесть часов.

Вся информация поступала в наземные пункты наблюдений в виде электрических сигналов. Датчики радиометров метеоспутников посыпали эти сигналы, а на земле они записывались на магнитную пленку. Специальные электронно-вычислительные машины обрабатывали

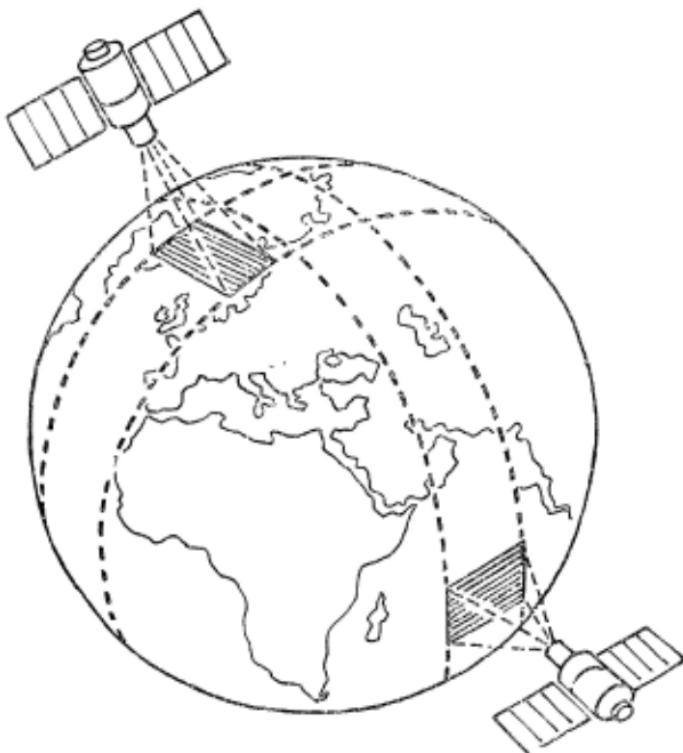


Рис. 57 Схема взаимного расположения орбит спутников «Космос-144» и «Космос-156»

полученные данные о погоде, составляли ее прогнозы, а затем передавали тем, кто в этом нуждается.

Даже два советских метеоспутника собирали за сутки метеорологические сведения с половины поверхности нашей планеты. Это во много раз превысило ту информацию, которую дают тысячи наземных метеостанций. А вот и конкретные вполне практические результаты.

«Космос-144» обнаружил мощные опасные циклоны над Индийским океаном. По радио своевременно оповещали корабли, которые смогли уйти из опасной зоны. Ис-

пользуя сведения, переданные метеоспутниками, Гидрометцентр СССР своевременно предупреждал суда торгового и рыболовного флота о надвигающихся штормах, характере волнения и ветра в других морях нашей планеты и эта помощь спутников также принесла добрые плоды. Спутники помогли благополучно провести через несколько океанов большой плавучий док, в Ледовитом океане они разведали состояние льдов, что требовалось для начала навигации по Северному морскому пути. Сведения со спутников помогли уверенно прогнозировать наступление дождей и снегопадов. Каждому ясно, как ценные такие прогнозы в периоды сева и уборки урожая.

В конце концов спутники помогут нам разобраться в динамике атмосферы, в причинах всех капризов погоды. А это означает, что в недалеком будущем прогнозы погоды станут очень точными, а тем самым в практическом отношении особенно ценными.

Ну а затем будет поставлена и, вероятно, решена еще более важная практическая задача — управление погодой. И опять тут помогут спутники. Почему бы в будущем не создать на орbitах исполинские по размерам, но из очень легких материалов отражающие зеркала? Почему бы с их помощью хотя бы отчасти не регулировать погоду — направлять солнечное тепло туда, где холодно, расстопить льды, разогнать облачность? И это не беспочвенная фантазия, а одна из будущих земных профессий спутников.

#### Второй пример — *спутники связи*.

В наш стремительный век люди хотят знать больше и получать эти знания как можно быстрее. Кто откажется узнать, что сегодня, сейчас происходит в разных уголках земного шара? К 50-летию Великого Октября вступила в строй система наземных станций «Орбита», работающих вместе с системой ИСЗ «Молния». Она предназначена для того, чтобы обеспечить телепередачами Центрального телевидения миллионы удаленных от столицы жителей нашей страны (рис. 58).

Несколько слов о спутниках связи вообще \*. Различают пассивные и активные спутники этого рода. Первые из них, как, например, американские спутники «Эхо»,

\* Подробнее см. Ю. Д. Кошелев, Л. Р. Явич Спутники несут службу связи, изд-во «Просвещение», 1969.

выполняют роль пассивного отражателя радиоволн, так сказать, некоего космического зеркала. Активные спутники связи снабжены сложной ретранслирующей аппаратурой, способной работать без задержки поступающих сигналов или, наоборот, с задержкой. В последнем случае спутник, пролетая над пунктом сбора информации, принимает сигналы и «запоминает» их с помощью специального запоминающего устройства, а затем информация выдается в другом месте, там, где она требуется. Актив-



Рис. 58 Карта размещения пунктов «Орбиты»

ные ретрансляторы могут без задержки принятой передачи передавать ее дальше на другой частоте.

Любопытны американские пассивные космические ретрансляторы «Эхо». Первый из спутников этой серии представлял собой сферу весом 68 кг и диаметром 30 м из прочной тонкой пленки (толщина 0,0012 мм), покрытой отражающим алюминиевым слоем.

Спутник «Эхо-2» имел в поперечнике 41 м, а в дальнейшем предполагается запускать подобные космические «шарики» диаметрами во многие десятки и даже сотни метров!

Заслуживают особого упоминания американские «суточные» спутники, запущенные на высоты около 36 000 км. Из них «Синком-3», «Эрли Берд» и другие на самом деле обладают почти стационарной орбитой, то есть висят почти над одной точкой экватора Земли.

«Эрли Берд», например, представляет собой цилиндр диаметром 72 см, высотой 59 см и весом 68 кг. Он обеспечивает двустороннюю связь по сотням каналов, и работа его оборудования рассчитана на 5—15 лет.

Спутники связи имеют огромное практическое значение. Они заменяют сложную и неимоверно дорогую наземную глобальную ретрансляционную сеть, нужда в которой теперь отпала. Они обеспечивают предельно быструю и очень насыщенную передачу информации из одного пункта Земли в другой. Скоро не останется уголка на Земле, который не будет охвачен этой невидимой космической сетью.

Первый советский спутник связи «Молния-1» был запущен 23 апреля 1965 г. Его весьма вытянутая орбита наклонена к экватору на 65°, высота перигея 548 км, а высота апогея — 39 957 км. За 12 час спутник совершил полный оборот вокруг Земли. К десятилетнему юбилею космической эры было запущено еще шесть спутников типа «Молния-1».

Советские спутники связи — активные. Точнее говоря, они содержат активный ретранслятор, который, приняв передачу с Земли, усиливает радиосигналы и передает их дальше на приемные станции системы «Орбита». Каждая из десятков таких приемных станций имеет параболическую зеркальную антенну диаметром 12 м, наведение которой на спутник производится автоматически. Сооружение это очень прочное, стойкое, рассчитанное на работу при температурах от —50 до +50° С. Не сломят его и ураганные ветры, дующие со скоростью до 25 м/сек. Каждая станция расположена примерно в 10 км от местного телецентра, куда и передается то, что получено через спутник с Центральной студии телевидения. Если бы не было спутников связи, для тех же целей потребовалась бы колоссальная и очень дорогая сеть земных ретрансляционных станций. Экономия? Выгода? Конечно. Младенец буквально на глазах превращается в кормильца.

Раз в сутки в течение 9 часов через советские спутники связи можно обмениваться с любым пунктом нашей страны, со многими странами Европы и Азии цветными и черно-белыми телевизионными программами, телефонно-телеграфными разговорами...

В недалеком будущем три «суточных», синхронных спутника смогут обеспечить радиосвязь почти всех пунк-

тов земного шара (рис. 59). Разве не очевидно, что международное сотрудничество в этой области смягчает напряженность, способствует прогрессу мировой культуры и экономики?

Многие из читателей этой книги, вероятно, видели телепередачи, ретранслируемые через спутники. Помните

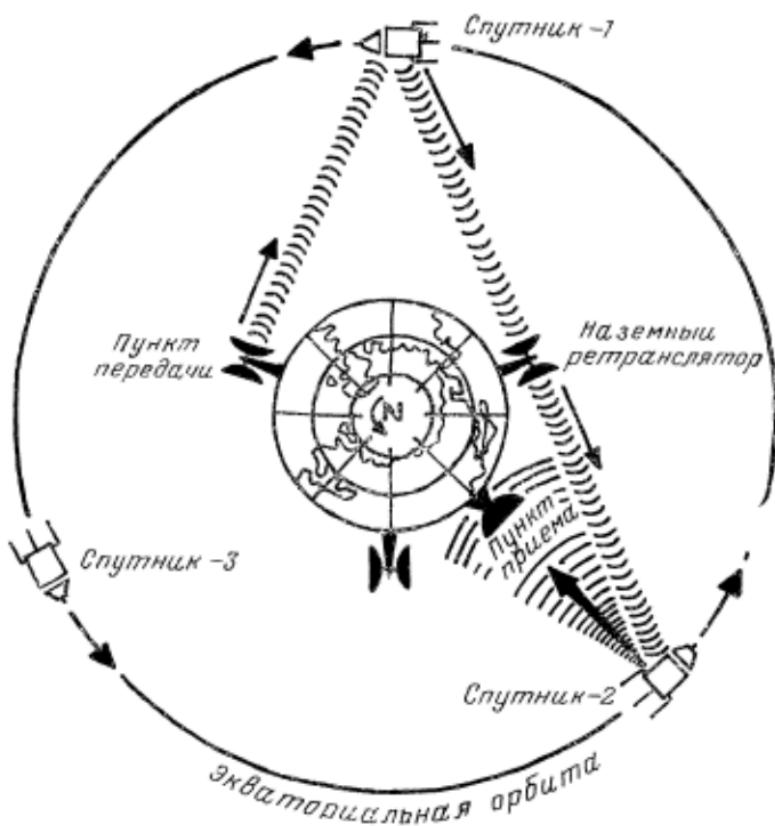


Рис. 59 Система из трех «неподвижных» спутников с ретрансляторами способна обеспечить связь по радио между любыми пунктами на Земле

также, что в составлении всех метеосводок Гидрометцентра СССР уже давно и со все растущей пользой участвуют спутники. Разве уже сегодня не ощутима хотя бы только на этих двух примерах практическая роль космонавтики?

## Близкие перспективы

Чем «займутся» спутники в близком будущем? Какую пользу и в каких областях хозяйства они принесут человечеству?

В конце 1968 г. в Нью-Йорке проходил очередной XIX Конгресс Международной астронавтической федерации. Представители 34 стран мира обсуждали успехи и перспективы космонавтики. Не последнее место занимал и вопрос о том, какие земные «поручения» можно дать спутникам.

Давным-давно существует геодезия — наука об изучении формы и размеров Земли. С ней тесно связана картография, занимающаяся практически очень важным делом — составлением всевозможных карт. Не меньшее практическое значение имеет гравиметрия — наука об измерении силы тяжести в разных точках Земли. Гравиметрические измерения помогают геодезистам и картографам, но, кроме того, гравиметрия помогает разыскивать залежи полезных ископаемых. Наконец, геофизика вместе с геологией объединяют и возглавляют весь комплекс наук о Земле.

И все эти практически крайне важные отрасли знания нашли себе верных помощников в спутниках Земли. О каких именно ИСЗ идет речь?

Прежде всего это геодезические спутники. Они ныне стали настолько неотъемлемой частью геодезии, что даже публикуются монографии под названием «Спутниковая геодезия».

Как уже говорилось, форма планеты влияет на движение ИСЗ. Представьте себе спутник, обращающийся вокруг Земли в плоскости ее экватора по круговой орбите. Если бы Земля вдруг сплющилась к экваториальной плоскости, превратилась в «блип» с прежней массой, то спутник стал бы обращаться вокруг нее быстрее, чем раньше.

С другой стороны, представьте, что спутник пролетает над районом, где под поверхностью Земли скрыты плотные пласти полезных ископаемых. В этом случае он будет двигаться быстрее, чем двигался бы, если в данном районе поверхностные слои Земли имели нормальную среднюю плотность. Выходит, что спутник «отзовывается» на форму Земли, на распределение в ней масс, ну и, конечно, на ее размеры.

Есть еще одна причина для использования спутников в геодезии. Спутник с заранее известными параметрами движения — отличнейший ориентир для триангуляционных измерений на земной поверхности. Наблюдая спутник одновременно с нескольких наземных станций, можно на поверхности Земли построить сеть треугольников, соединяющих пункты наблюдений (она и называется триангуляционной сетью), в которой последующими вычислениями определяются все стороны. Результат — спутники уточнили карты. Это ли не помочь практике?

В ближайшем будущем спутники должны провести детальное изучение природных ресурсов нашей планеты. Заметим, что только за последние 30 лет человечество израсходовало угля и нефти больше, чем за всю предшествующую историю. А ведь темпы производства растут и с каждым годом все быстрее. Значит, настало время разведать новые залежи нефти, руд, других полезныхскопаемых. И сделать это полнее, быстрее, в глобальных масштабах. Такую задачу вполне могут решить спутники, чутко реагирующие при своем полете на все неоднородности земной коры. Такова еще одна земная профессия спутников. Кое-что здесь уже сделано, но главное впереди.

Другой пример — навигационные спутники. Идея, лежащая в основе использования этих ИСЗ, такова. На самолете или корабле с помощью специального навигационного оборудования определяют положения спутника на орбите в моменты наблюдения. По этим данным особое бортовое вычислительное устройство выдает координаты самолета или корабля.

К навигационным спутникам относятся, например, американские спутники «Транзит» и другие. Высота их полета от 800 до 3000 км. Со временем навигационные спутники станут надежными радиомаяками для штурманов кораблей и самолетов.

Со спутников на поверхности Земли видно очень многое — например лесные пожары, процессы эрозии почвы, миграции саранчи. По изменению окраски лесных массивов и полей можно судить о том, поражены ли они болезнями и вредителями. Своевременное предупреждение об опасности может принести огромную пользу. В США, например, убытки от болезней и вредителей в сельском хозяйстве ежегодно превышают 10—13 млрд. долларов.

Вероятно, в «службу спутников» включат и систематические наблюдения за состоянием водных ресурсов, влажности почвы, снежных покровов. А это значит, что спутники помогут наладить вовремя систему орошения, предсказывать масштабы наводнений, уровень воды в водохранилищах, питающих турбины электростанций.

Это ли не помочь народному хозяйству?

### От спутников к орбитальным станциям

Попробуем заглянуть теперь чуть дальше в будущее.

В настоящем нередко угадываются черты будущего. Стефенсоновский неуклюжий паровоз мало походил на современные тепловозы и электровозы. Еще дальше ушли от первых хрупких, похожих на этажерки аэропланов бороздящие сегодня небо воздушные лайнеры. Но и в эмбрионе все-таки улавливаются кое-какие черты будущего человека. Так и в современных космических летательных аппаратах проступают черты будущих, куда более совершенных искусственных небесных тел.

Мы уже не раз подчеркивали, что ИСЗ — это, в сущности, миниатюрные космические лаборатории, с успехом выполняющие роль разведчиков Космоса. Их так много и они так многообразны, что даже краткому описанию их устройства и действия уже посвящены многие книги\*. И среди этих спутников далеко не все миниатюрны. Есть и такие объекты, которые можно считать прообразом будущих орбитальных станций — лабораторий.

Пример — советские космические станции серии «Протон». Даже родоначальница этой серии (рис. 60), выведенная на околоземную орбиту в июле 1965 г., имела вес 12,2 т. Это настоящая космическая лаборатория, предназначенная в основном для исследования первичных космических лучей. Ей впервые удалось зафиксировать частицы с энергиями до  $10^{18}$  эв и измерить спектр гамма-квантов в области энергий  $10^8$ — $10^9$  эв.

Вслед за станцией «Протон-1» на околоземные орбиты были выведены еще две станции той же серии. Наконец, 16 ноября 1968 г. в Космос вышла крупнейшая в мире автоматическая научная станция «Протон-4».

Вес этой станции 17 т, причем на долю научной ап-

\* В. В. Базыкин, Искусственные спутники Земли и другие космические объекты, изд-во «Знание», 1966.

паратуры приходится 12,5 т. Но дело, конечно, не только в весе. Уникальна сама аппаратура, способная регистрировать и изучать такие частицы космических лучей, которые в земных условиях исследовать не удается. Станции «Протон» впервые предприняли поиски в Космосе гипотетических кварков — «сверхэлементарных» частиц, из которых, как считают некоторые физики, состоят протоны, нейтроны и другие «обычные» элементарные частицы.

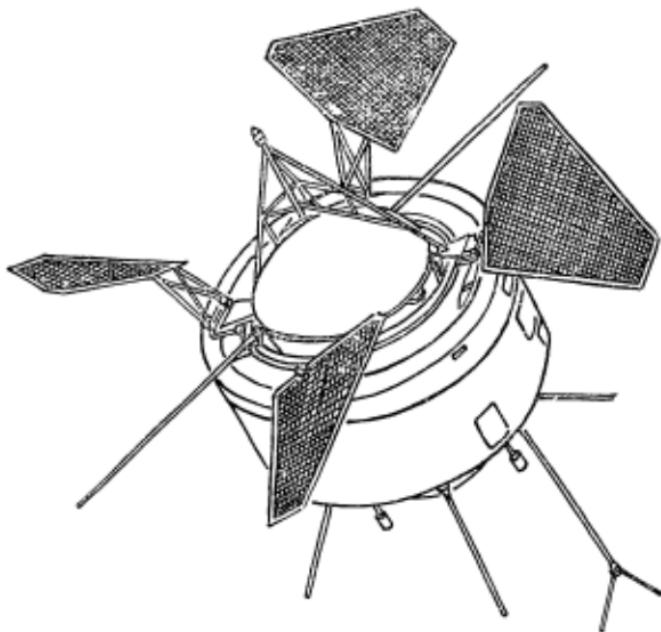


Рис. 60 Космическая лаборатория «Протон-1»

Другой пример — американские орбитальные солнечные обсерватории, предназначенные для исследования коротковолнового излучения Солнца и других небесных тел. Вес этих станций измеряется сотнями килограммов.

Американские исследовательские спутники серии «Пегас» весят тонны, а главная их задача — изучение метеоритов в окрестностях Земли и на путях к Луне.

В апреле 1968 г. на околоземной орбите появилась первая советская летающая астрономическая обсерватория «Космос-215». Высота перигея 261 км, апогея — 426 км, наклонение плоскости орбиты 49°. Орбита выбрана так, чтобы обсерватория совершила полет ниже радиационного пояса Земли.

Восемь зеркальных телескопов диаметром 70 мм составили главное оптическое оборудование обсерватории. Имелся также рентгеновский телескоп и два фотометра, регистрирующих солнечное излучение. Радиотехническая «начинка» спутника обеспечивала связь с Землей.

Обсерватория проработала более месяца, пока на ней не иссякли химические источники тока. Полученные сведения так многочисленны, что их обработка займет значительное время. Но уже сейчас ясно, что эти заатмосферные астрономические наблюдения могут привести к интереснейшим открытиям.

Непилотируемые, автоматические лаборатории успешно исследуют Космос. Перспективы этого направления вырисовываются при знакомстве с многочисленными проектами. Нетрудно предвидеть, что следующим принципиально новым шагом будет создание небольшой пилотируемой орбитальной лаборатории. В одном из американских проектов такая космическая научная станция, весящая 16 т, способна на год обеспечить существование и работу экипажа из 4—6 человек. Она снабжена различными геофизическими и астрономическими инструментами, небольшими биологической, химической, медицинской лабораториями. Предусмотрен и аварийный отсек на случай непредвиденного быстрого возвращения на Землю.

Наряду с такими универсальными космическими станциями широкого научного профиля в окрестностях Земли в недалеком будущем появятся узкоспециализированные космические аппараты, например, крупные орбитальные астрономические обсерватории... Астрономы давно стремятся расположиться поближе к Космосу, на вершинах гор, на высоких плоскогорьях, там, где воздух прозрачнее и спокойнее. Большая заатмосферная обсерватория — «голубая» мечта астрономов. Вот где можно применить любые увеличения, не боясь атмосферных помех. Вот где можно создавать, пользуясь невесомостью, телескопы практически любых габаритов и огромной разрешающей способности. Вот где удастся исследовать весь спектр космических излучений, как электромагнитных, так и корпускулярных!

Вся эта свобода покупается, конечно, дорогой ценой — создание достаточно крупной заатмосферной обсерватории, даже без обслуживающего персонала, является сложнейшей технической задачей. Для пилотируемых же

лабораторий и обсерваторий следует прежде всего освоить простейшие маневры в Космосе, стыковку кораблей, обмен экипажей и многое другое.

Наметим следующий шаг — создание вокруг Земли огромных орбитальных научных станций и космических баз. Размеры и форма их таковы, что традиционный метод — непосредственный вывод на орбиту — в данном случае технически неприменим (хотя бы из-за огромной массы и необтекаемости форм). Возможно лишь принципиально новое решение: или доставка на орбиту изготовленных заранее небольших частей станции с последующей сборкой на месте, или использование для той же цели в качестве «строительных блоков» отработанных ступеней космических ракет.

По существу, оба варианта сходны: так или иначе придется заняться строительством непосредственно в Космосе, точнее в межпланетном пространстве, так сказать, между небом и Землей.

Обгоняя время, еще до запуска первых искусственных спутников, были предложены различные проекты заатмосферных космических станций. Вслед за Циолковским в этой области космонавтики много ценных идей высказали Цандер, Кондратюк, Штернфельд, Ноордунг, Эрике и многие другие. Подробному разбору всех этих проектов можно было бы посвятить отдельную книгу. Ограничимся, однако, краткой характеристикой лишь одного из проектов, иллюстрированного моделями на ВДНХ и Всемирной выставке в Монреале 1967 г.

Первое впечатление — огромное колесо (поперечник его будет, вероятно, близок к 100 метрам). Чем-то оно напоминает колеса старых автомобилей с неестественно раздутыми шинами. Видны «спицы» и «ступица», да и само это космическое колесо, как и положено всякому колесу, вращается — для создания внутри искусственной тяжести.

Главная трудность будет заключаться в сборке станции на орбите. Первоначально предполагалось, что работники соответствующей строительной организации, какого-нибудь там «Заатмосферстроя», будут снабжены скафандрами с индивидуальными средствами передвижения (поясными миниатюрными двигателями, реактивными пистолетами и т. д.). Но сегодня все это выглядит, пожалуй, слишком кустарно. Предложено нечто, более от-

вечающее духу эпохи: одноместные космические корабли с манипуляторами для производства сборочных и ремонтных работ на орбите (рис. 61).

Но вот, наконец, огромная орбитальная станция — колесо — собрано (как легко это писать и как трудно это сделать!). Высота почти круговой орбиты такой станции должна быть значительной — тысячи километров. На

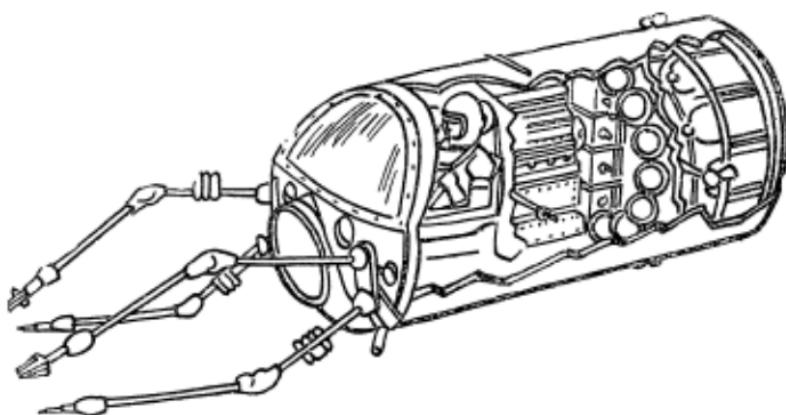


Рис. 61. Проект летательного аппарата для сборки космических станций на орбите

этих высотах сопротивление атмосферы ничтожно, а получающееся все же некоторое медленное снижение станции можно время от времени компенсировать сообщением ей нужного импульса для выхода на прежнюю высоту (что достижимо с помощью соответствующих бортовых двигателей).

Станция разделена на отсеки. При попадании крупного метеорита в один отсек вся станция не гибнет. От мелких и мельчайших метеоритов предохранит станцию ее многослойная внешняя оболочка.

Внутри станции разместятся жилые помещения, лаборатории, обсерватории. Где-то (например, на «ступице») будет предусмотрен «причал» для космических кораблей. Энергетической базой станции могла бы, скажем, служить огромная гелиоустановка — где, как не здесь, в Космосе, следует максимально использовать даровую солнечную энергию, тем более, что доставка энергетических устройств (например, аккумуляторов) с Земли сложна и дорога.

Еще одна очень трудная проблема — обеспечить на станции биологический круговорот веществ, пресловутый «замкнутый экологический цикл», миниатюрное подобие жизни на нашей планете.

Рассчитывать на постоянные поставки пищи, кислорода и т. п. с Земли не приходится (опять из-за сложности и дороговизны). Надо все это создавать на месте из отходов, «шлаков», образующихся в процессе жизнедеятельности «пассажиров» станции и населяющих ее организмов (например, растений). Повторяю, это очень сложная и до конца нерешенная проблема, которой, однако, сейчас посвящается много работ \*. По-видимому, решение придет вовремя, к сроку, когда создание больших заатмосферных космических станций станет технически возможным.

Эти станции могут иметь разное назначение — быть научными институтами или заправочными базами для космических ракет. В последнем случае предлагается лишь несколько иная конструкция самой станции, но различия здесь не принципиальные и одни станции от других будут, наверное, отличаться не больше, чем, скажем, грузовой автомобиль от легкового.

Проблема создания орбитальных станций весьма трудоемка, но к намеченной цели уже сделаны первые важные шаги.

Прежде всего это автоматическаястыковка космических аппаратов на орбите. Впервые в мире она была проведена в конце октября 1967 года, когда два советских спутника «Космос-186» и «Космос-188» произвели взаимный поиск, сближение, причаливание. После этого они жестко состыковались и в течение трех с половиной часов совершали совместный полет, в сущности, как единое тело. Затем по команде с Земли они снова расстыковались, перешли на самостоятельные орбиты и вскоре один из аппаратов совершил посадку в заданном районе нашей страны. Попробуем разобраться в том, как это всё удалось осуществить.

Сначала на почти круговую орбиту был запущен «Космос-186», а позже на сходную орбиту вывели «Космос-

\* См. В. Борисов и О. Горлов, Жизнь и Космос, изд-во «Советская Россия», 1961 и сборники «Проблемы космической биологии», изд-во «Наука».

188», причем в такой момент, что оба спутника оказались в непосредственной близости друг от друга.

Начался взаимный поиск. Оба спутника были снабжены обзорными направленными антеннами — своеобразными «органами чувств». Вопросы «где ты?» задавал активный спутник — «Космос-186». Второй же спутник лишь отвечал: «я здесь», посыпая в ответ радиосигналы.

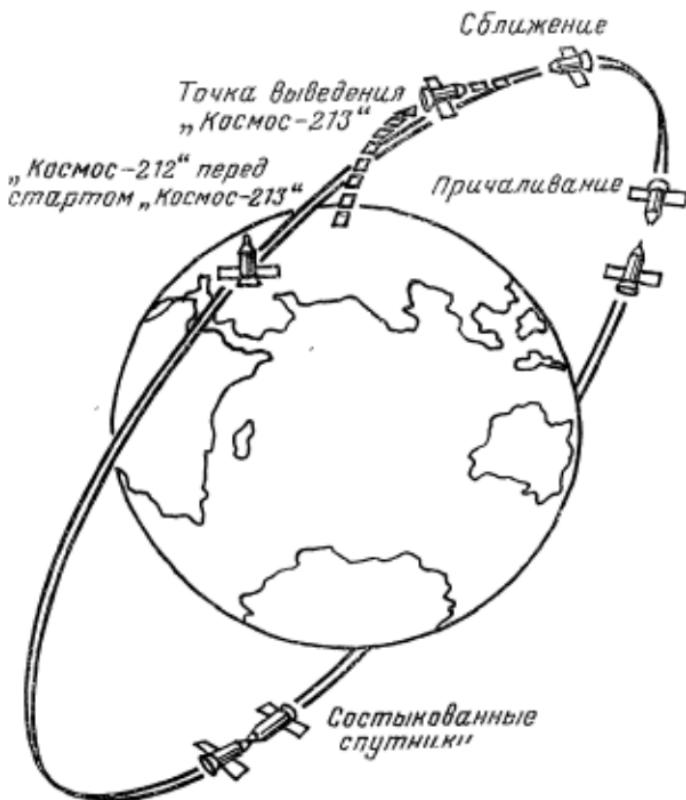


Рис. 62. Схема автоматического сближения истыковки спутников «Космос-212» и «Космос-213»

После того как спутники с помощью антенн нашли друг друга, началось их сближение. До расстояния в 300 м работала корректирующая двигательная установка, а далее были включены двигатели малой тяги, обеспечившие «мягкую» встречу двух спутников. И хотя скорость их соударения не превышала нескольких дециметров в секунду, все стыковочные узлы имели амортизаторы.

На одном из спутников была установлена штанга, которая при стыковке вошла в приемный конус второго, «пассивного», спутника. Стыковка завершилась настолько прочным механическим соединением, что после нее оба спутника составили в полном смысле слова единое целое.

Те, кто наблюдал на экранах телевизоров все эти удивительные по слаженности и четкости выполнения ма-

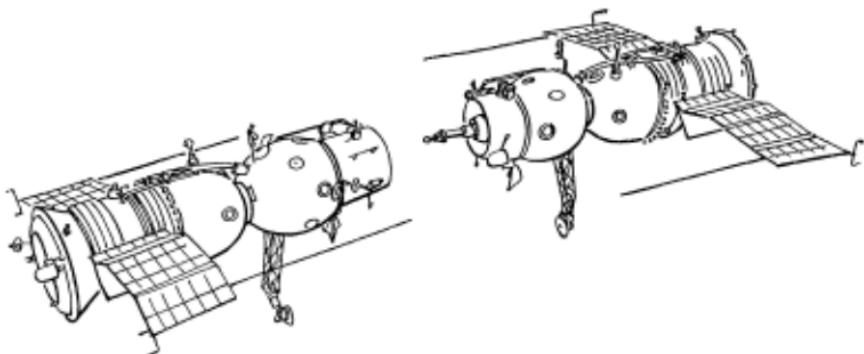


Рис. 63 Космические аппараты «Союз-4» и «Союз-5» перед причаливанием

невры, ловили себя на обманчивом впечатлении, будто перед ними не «бездушные» куски металла, а два живых существа.

В середине апреля 1968 г. опыт автоматической стыковки был повторен. И на этот раз все прошло успешно. Два советских спутника «Космос-212» и «Космос-213» с первоначального расстояния в 5 километров начали постепенное сближение (рис. 62). Поначалу его нельзя было назвать медленным — скорость составляла 30 метров в секунду, или 108 километров в час. Но «умная» автоматика сбила первоначальную скорость до 10 сантиметров в секунду и снова оба аппарата вошли в мягкую стыковку. Почти четыре часа продолжался совместный полет, за которым последовали расстыковка и самостоятельное приземление.

В январе 1969 г. аналогичную стыковку произвели космические аппараты «Союз-4» и «Союз-5» (рис. 63).

Стыковка космических аппаратов — это начало строительства в Космосе. Без стыковки немыслимо создание исполинского спутника-колеса, а значит, и строительство

в окрестностях Земли множества крупных орбитальных станций. Сборка на орбитах крупных сооружений из мелких строительных блоков (а вместе с этим многократнаястыковка и расстыковка!) — вот единственный метод крупного строительства в Космосе. Это прекрасно понимал еще Циолковский, по идее которого «эти жилища и все принадлежности для них должны доставляться ракетами с Земли в сложенном, компактном виде, раскладываться и собираться в эфире по прибытии на место».

Январь 1969 года ознаменовался новым выдающимся достижением советской космонавтики. Два новых пилотируемых космических корабля «Союз-4» и «Союз-5» произвели с помощью ручного управления успешную стыковку на орбите. После причаливания космических кораблей совершился их взаимный механический захват, жесткое стягивание и соединение электрических цепей. Тем самым впервые на околоземной орбите была собрана и начала функционировать экспериментальная космическая станция с четырьмя отсеками для экипажа, станция, обстановка внутри которой обеспечивала нормальные условия и для работы и для отдыха.

Мало того — 16 января 1969 г. впервые в мире два космонавта перешли из одного корабля в другой, иначе говоря, произошел обмен экипажей. Летчики-космонавты корабля «Союз-5» Е. В. Хрунов и А. С. Елисеев, оставив в корабле командира Б. В. Волынова, надели скафандры, вышли через люк орбитального отсека в космическое пространство, провели научные наблюдения, а затем перешли в орбитальный отсек корабля «Союз-4», где заняли рабочие места рядом с командиром этого корабля космонавтом В. А. Шаталовым, затем корабли расстыковались и благополучно порознь вернулись на Землю.

Так было положено начало обитаемым орбитальным космическим станциям, тем самым «эфирным жилищам», о которых Циолковский писал, что «движение вокруг Земли ряда устройств со всеми приспособлениями для существования разумных существ может служить базой для дальнейшего распространения человечества».

В октябре 1969 г. последовательно, с интервалом в одни сутки, были запущены три советских корабля: «Союз-6», «Союз-7» и «Союз-8» с космонавтами Г. Шониным, В. Кубасовым, А. Филиппенко, В. Волковым, В. Горбатко, В. Шаталовым и А. Елисеевым. В ходе этих полетов

были осуществлены исследования в области космической навигации, маневрирования и управления группой кораблей, связи кораблей между собой и с Землей. Были проведены обширные геолого-географические наблюдения Земли из Космоса и переданы многие ценные сведения о нашей планете.

Наряду с этим впервые в условиях невесомости была проведена сварка металлов. Результаты этого эксперимента имеют важное значение, так как сварка может стать одним из важнейших технологических приемов сборки орбитальных станций.

### Из Космоса на Землю

Когда космический корабль совершает посадку с околосземной орбиты, приходится «сбивать» почти до нуля скорость, близкую к первой космической (8 км/сек). Корабль, возвращающийся с Луны на Землю, при входе в земную атмосферу обладает скоростью, близкой ко второй космической (11 км/сек). Очевидно, что в этом случае совершить посадку куда труднее, чем в первом. Но именно такой технический подвиг и совершил впервые в сентябре 1968 г. советский аппарат «Зонд-5». Перед теми, кто руководил созданием и полетом этого замечательного аппарата, встал вопрос, как, какими средствами обеспечить возвращение на Землю. В принципе возможны три варианта.

Первый таков: «Зонд-5» тормозится атмосферой Земли, и только этим сопротивлением воздуха вторая космическая скорость снижается до нуля. Можно достичь того же результата своевременным включением бортовых тормозных двигателей. Наконец, мысленно и третье, компромиссное, решение: посадка на Землю достигается как аэродинамическими, так и ракетными средствами.

Казалось бы, второй и, в особенности, третий вариант наиболее разумны. Но у них есть существенный недостаток — надо брать с собой значительное количество топлива для тормозных двигателей, да и сами эти двигатели утяжелят конструкцию. А ведь экономить приходится не в килограммах, а в граммах. В результате был избран первый, самый смелый, путь. Он требовал совершенно изумительной по точности и слаженности работы всех

бортовых устройств «Зонда-5» и почти абсолютно точно го следования по намеченной орбите.

15 сентября 1968 г. с почти круговой орбиты спутника Земли «Зонд-5» был переведен на траекторию облета Луны. Когда «Зонд-5» удалился от Земли на расстояние в 325 000 километров, по команде с Земли была произведена первая коррекция орбиты. После этого станция облетела Луну на расстоянии от ее поверхности примерно в 2000 км, после чего направилась в обратный полет к Земле.

Когда Земля была уже близко, вторая коррекция снова чуть-чуть подправила орбиту станции. Любопытно, что при этом скорость «Зонда-5» изменилась всего на 0,005 процента, но даже такая, казалось бы, ничтожная поправка была абсолютно необходима для точного входа в земную атмосферу (рис. 64).

Мы уже говорили о том, что такое «коридор входа». Если бы «Зонд-5» вошел в атмосферу Земли слишком круто, под большим углом, это повлекло бы за собой чрезмерные перегрузки и, главное, перегрев. В таких случаях всегда есть шансы превратить КА в обычный метеорит. Слишком пологий вход почти по касательной чреват другими опасностями. Аппарат вместо возвращения на Землю проскочит мимо нее, кратковременно задев лишь верхние слои атмосферы. Между этими крайностями есть золотая середина — попадание в «коридор входа», ту узкую область пространства, лишь внутри которого возможно возвращение на Землю. Для «Зонда-5» ширина коридора входа не превышала 10—13 км.

Расчеты показывают, что для межпланетных кораблей, возвращающихся на Землю со второй космической скоростью, наиболее приемлема траектория, наклоненная к плоскости местного горизонта под углом 1—2°. При этом спуск по баллистической траектории (конечно, внутри «коридора входа») лучше всего начать с высоты около 35 км. В таком наиболее приемлемом варианте перегрузки не превысят 22 г. Стоит, однако, увеличить угол входа всего лишь на один градус, и перегрузки станут почти втрое большими. Ошибка в один градус в другую сторону вызовет промах — аппарат пролетит мимо Земли. Правда, далеко он не уйдет: земное тяготение водворит его на эллиптическую орбиту спутника Земли и через некоторое время он снова вернется в атмосферу, но только

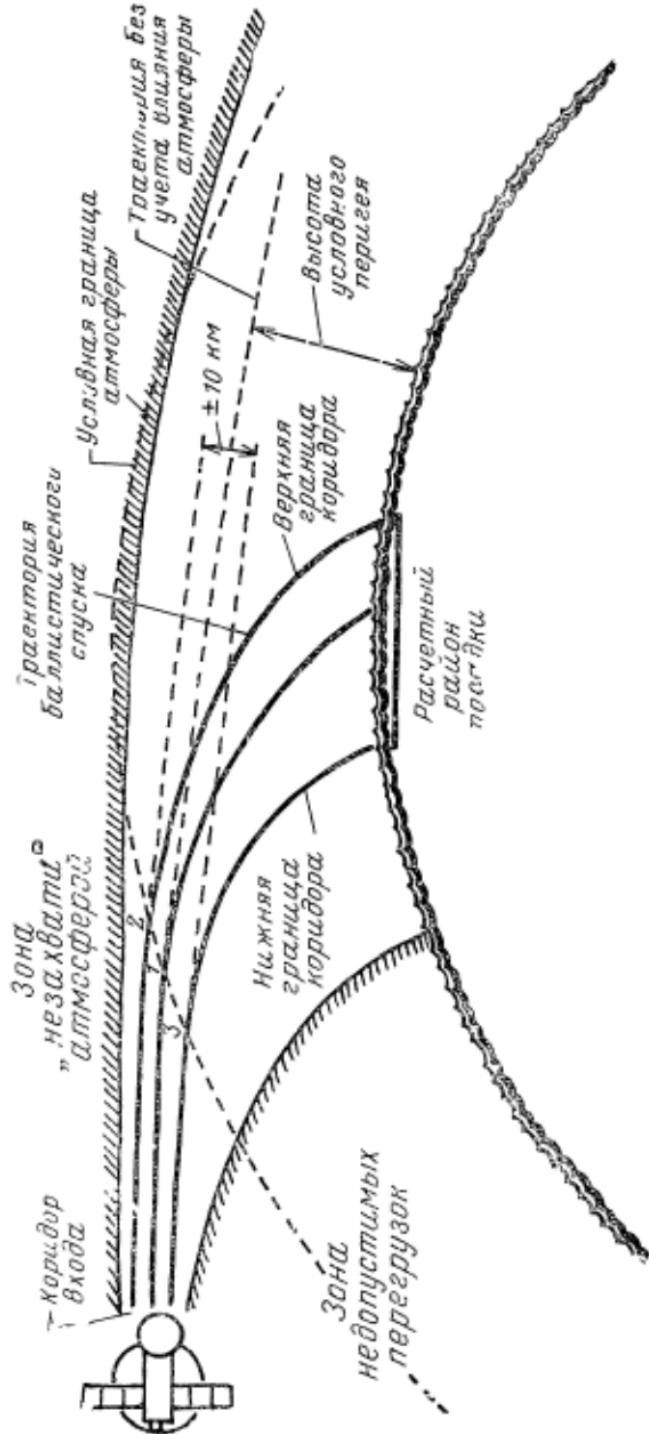


Рис. 64 Вход станции «Зонд-Б» в земную атмосферу

после многократных возвращений его скорость уменьшилась настолько, что приземление станет возможным. Столь длительное пребывание в космосе, однако, не всегда допустимо.

«Зонд-5» точно попал в цель, вошел в «коридор входа», и сопротивление атмосферы быстро сбавило его первоначальную скорость. Уже на высоте 7 км его скорость

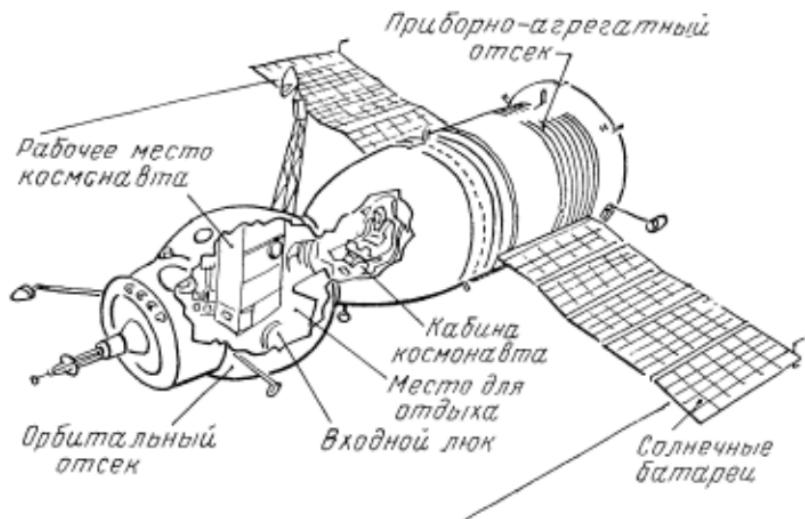


Рис. 65. Космический корабль «Союз-3»

уменьшилась до 200 м/сек и тогда сработала специальная парашютная система, обеспечившая посадку «Зонда-5» на поверхность Индийского океана.

Про этот замечательный советский аппарат никак не скажешь, что он «с Луны свалился». Вот именно не «свалился», а мягко приземлился, впервые в целости и сохранности, доставив из окрестностей Луны на Землю все свое весьма ценное для науки содержимое.

Полет вокруг Луны продолжался неделю. За это время удалось провести 36 сеансов связи Земля — «Зонд-5». С высоты в 90 000 км сфотографирована Земля. На снимке она имеет вполне планетарный облик — видна даже фаза, как у Луны. Собраны ценнейшие сведения о Луне и окружающем ее пространстве.

Вероятно, когда-нибудь, в обозримом будущем космические корабли будут улетать и приземляться, как самолеты. И внутри них будет так же просторно, как в со-

временных воздушных лайнерах. Некоторые черты этого заманчивого будущего просматриваются в успешном полете в октябре 1968 года советских кораблей «Союз-2» и «Союз-3».

Что приятно поражает в этом очередном достижении советской космической техники? Прежде всего размеры кораблей. Тот корабль «Союз-3» (рис. 65), который пилотировал Георгий Береговой, имел не только рабочее помещение, где перед космонавтом находился пульт управления кораблем. Была на корабле и комната отдыха с несколькими иллюминаторами, привычной земной мебелью и вообще с приятным земным комфортом. И космонавт работал внутри корабля не в скафандре, а вот так, как мы работаем у себя дома, в добротном спортивного типа костюме. Один остроголос заметил, что если Гагарина послали в космос в «телефонной будке», то Береговой с комфортом путешествовал в космическом «автобусе». В какой-то мере эти сравнения соответствуют действительности. Во всяком случае, в Космосе уже летают и приземляются двухкомнатные космические корабли.

Кстати о приземлении. Оно у «Союза-3» получилось сверхметким. И спустился Георгий Береговой недалеко от того места, откуда был послан в Космос. И снимали его появление в облаках кинооператоры с самолетов.

Не успел мир оправиться от впечатления, вызванного полетом Г. Т. Берегового, как 10 ноября 1968 г. в облет Луны была запущена еще одна советская автоматическая станция «Зонд-6». Как и ее предшественница, эта станция точно по намеченной программе облетела Луну, сфотографировала с близкого расстояния ее поверхность и благополучно вернулась на Землю. Но сам способ возвращения и точность посадки были совсем иными, чем у «Зонда-5».

Как и у советских космических кораблей серии «Союз», посадка «Зонда-6» была совершена с использованием так называемого аэродинамического качества. В аэrodинамике под этим термином понимают величину отношения подъемной силы к лобовому сопротивлению. Чем больше аэродинамическое качество, тем более пологим может быть спуск космического аппарата и, конечно, тем большей маневренностью он обладает.

Вспомните мальчишескую забаву — бумажный воздушный змей. Что заставляет его в ветреную погоду ви-

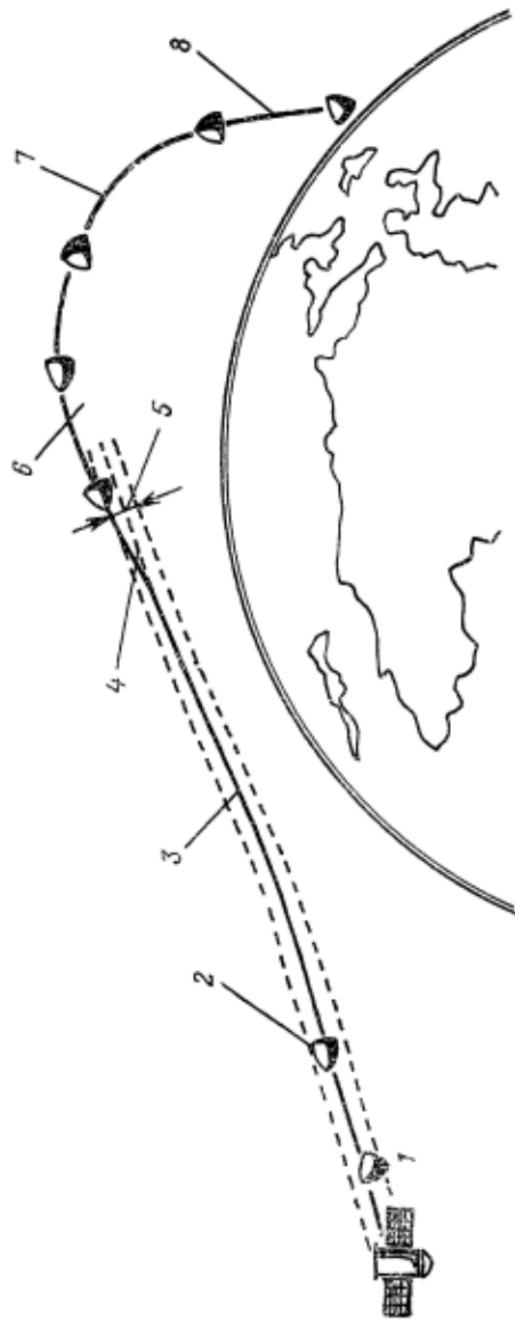


Рис. 66. Схема маневрирования аппарата «Зонд-6» в атмосфере Земли:  
 1 — отделение спускаемого аппарата (СА) от станции «Зонд-6»; 2 — стабилизация СА в атмосфере; 4 — траектория полета СА без учета атмосферы; 5 — коридор входа; 6 — условная граница атмосферы; 7 — участок внеатмосферного (баллистического полета); 8 — участок второго погружения в атмосферу и посадка

сеть, слегка покачиваясь, в воздухе? Ответ очевиден — подъемная сила. Та же сила поддерживает в воздухе летящий самолет, причем подъемная сила в основном создается его крыльями.

Аэродинамическим качеством, отличным от нуля, обладала и станция «Зонд-6». Когда, вернувшись с Луны на Землю, она со скоростью около 11 км/сек впервые погрузилась в земную атмосферу, подъемная сила (как это и предусматривалось) снова на короткий срок вывела станцию в безвоздушное пространство. Но сопротивление воздуха «сбило» первоначальную скорость до 7,6 км/сек и потому на участке вторичного погружения в атмосферу (рис. 66) перегрузки оказались умеренными (от 4 g до 7 g) и нагрев нечрезмерным.

Как бы «чиркнув» сначала по земной атмосфере, станция «Зонд-6» затем перешла к спокойному планирующему спуску. На высоте около 7 км при скорости 200 м/сек сработала парашютная система и аппарат мягко приземлился не в океан, как «Зонд-5», а на твердую поверхность в заданном месте Советского Союза, совсем как обычный рейсовый самолет.

8 августа 1969 г. очередная советская автоматическая станция «Зонд-7», облетев Луну, доставила на Землю цветные снимки Земли и Луны, а также новые ценные сведения о ближнем Космосе.

Не прошло и года, как облеты Луны с мягким возвращением на Землю стали почти обычным повседневным событием в космонавтике. Но сколько труда и героизма скрыто за этой «повседневностью!».

## Индустрия в Космосе

С внешней стороны технический прогресс человечества выражался до сих пор в постепенном, но неуклонном освоении все большего пространства и все большего количества вещества. Когда-то, на заре человеческой истории, наши в общем малочисленные первобытные предки не играли сколь-либо существенной роли в земной биосфере. Постепенно численность человечества росла, развивалось человеческое общество, совершенствовалась техника, и сегодня почти четырехмиллиардное население нашей планеты — это далеко не второстепенная её деталь.

Человек заметно меняет облик Земли, в частности характер биосферы. Уже давно не осталось на Земле необитаемых уголков. Всюду есть человек, всюду он стремится освоить земные богатства, рано или поздно поставить всю земную природу на службу себе. В сущности, земная цивилизация уже превратилась еще в одну «оболочку» Земли. Назовем ли мы ее «техносферой», «ноосферой» или как-либо иначе, безразлично. Суть же явления состоит в том, что деятельность человечества приобрела планетарный размах. Более того — она уже вышла за пределы родной планеты. Нет спора, на Земле у нас еще очень много дел. И этих дел, конечно, хватит не на одно поколение, прежде чем Земля будет вполне обжита по вкусам и потребностям человечества. Но уже сегодня надо смотреть далеко вперед. Прогресс человечества идет столь стремительно, что «близорукость» в этом случае чревата серьезнейшими опасностями. Оценивать правильно не только близкие, но и далекие перспективы, видеть, куда может в будущем привести избранный путь, короче, плашировать как близкое, так и далекое будущее человечества сейчас важно, как никогда. Обывательским недоумием обладают те, кто считает, что «на наш век» хватит забот, а будущее пусть творят сами наши потомки. Но ведь вся беда в том, что это будущее надвигается на нас с ужасающей быстротой, поэтому чтобы не быть застигнутыми врасплох, надо кое-какую (конечно, посильную) работу выполнить и за потомков.

Не подлежит сомнению, что и впредь, по крайней мере в обозримом будущем, земная цивилизация продолжит движение по избранному пути. И впредь во все возрастающих темпах будет расти население Земли, увеличиваться объем знаний, совершенствоваться наука и техника. Главное, что человечество распространит свою активную деятельность на ближний Космос. На наших глазах начнется непосредственное освоение лунной и планетной целины. А это означает, что в Космосе возникнет производство, индустрия.

Вот что несколько лет назад писал профессор Г. В. Петрович:

«После первых полетов на Луну будут создаваться сначала временные, а затем постоянные лунные обитаемые базы.

Можно ожидать, что переработка на месте лунного сырья со временем освободит обитателей этих баз от необходимости поставок с Земли кислорода для дыхания, воды, а затем и компонентов топлива для ракетных двигателей. В таком аспекте промышленная разработка лунных недр вполне перспективна и рентабельна.

Когда ракета, прибывшая с Земли на Луну, для обратного рейса сможет заправляться окислителем и горючим на лунной базе, в развитии космического транспорта наступит новая эра» \*.

В Маленькой энциклопедии «Космонавтика» говорится вполне определенно, что «расселение человечества за пределы Земли, а потом по всей Солнечной системе вызовет необходимость в развитии индустрии в Космосе».

Реальны ли, однако, такие проекты? Есть ли на Луне и планетах полезные ископаемые, а если есть, то как их использовать? И вообще, как представить себе (пусть в самых общих чертах) дальнейшее освоение человечеством тел Солнечной системы?

Предлагаем Вашему вниманию один из американских конкретных проектов создания на Луне первых промышленных объектов \*\*.

Первая задача — создание для лунных поселенцев достаточно комфортабельных жилищ. По-видимому, целесообразно для этой цели использовать искусственные или естественные углубления в лунных горных массивах, которые предохранят обитателей от метеоритов и радиационной опасности. Разумеется, лунные жилища должны быть герметизированы, снабжены шлюзовыми устройствами для выхода во внешнее безвоздушное пространство. Столь же очевидно, что на Луне придется осуществлять замкнутый экологический цикл — опыт больших заатмосферных станций здесь особенно пригодится.

Многие лунные породы, судя по всему, имеют вулканическое происхождение. Значит, они богаты кристаллизационной водой (в земных породах она содержится в количестве до 10% общей массы). Эту воду можно «выпарить» в солнечном коллекторе при температуре около

\* Г. В. Петрович, Штурм Вселенной, Вестник АН СССР, 1966, № 4.

\*\* Подробнее см. К. Гэтленд, Космонавтика ближайших лет, Военгиз, 1964.

3000° С, причем читатель, конечно, догадался, что высокую температуру создадут солнечные лучи, сконцентрированные движущимися вслед за Солнцем зеркалами.

Есть пар — это уже немало. Прежде чем сконденсироваться и превратиться в питьевую воду, он заставит действовать паровую турбину, а эта турбина — генератор электрического тока. Итак, уже есть в активе вода и электричество. О технических же применениях электричества на Луне подробно говорить не стоит — всем знакомы земные примеры.

Можно думать, что на Луне имеется карбонат кальция. Разлагая его в солнечном коллекторе, можно получить кислород, углерод, окись углерода (правда, для этого требуются температуры порядка 4000° С). Подсчеты показывают, что при площади коллектора в 0,84 м<sup>2</sup> удается получать 265 л кислорода в час, что обеспечит жизнь 15 человекам.

Водород можно получить, разлагая (хотя бы термически) воду на основные элементы (вот еще один источник кислорода). Металлы и кремний, наверное, придется добывать из их окислов — есть много шансов встретить на Луне богатые рудные месторождения. Кислород, вода, продукты питания, топливо и запасы электроэнергии в аккумуляторах, вероятно, будут накапливаться в течение лунного дня в таких количествах, которые потребуются и для продолжительной лунной ночи — периода бездействия солнечных установок.

Конечно, все это только первые наметки, первые попытки качественно, а иногда и количественно обосновать возможности лунной промышленности. Сейчас важны не столько детали (будущее их уточнит, изменит), сколько главная идея — на Луне можно и должно обойтись местными ресурсами.

Своеобразные проблемы связаны с созданием лунного транспорта, способного надежно действовать в суровой лунной обстановке и в среде с облегченной тяжестью. Уже сейчас не испытывается недостатка в проектах различных лунных вездеходов.

Как далеко пойдет этот процесс? Покроется ли со временем Луна почти сплошной сетью удивительных герметических лунных жилищ и предприятий или технике будущего придется по силам более грандиозное решение — создание вокруг Луны искусственной атмосферы со всеми

ее следствиями (морями, реками, полями и лесами на Луне) — сказать сегодня, конечно, невозможно. Ясно лишь одно — человечество «приберет» Луну к рукам, сделает максимально возможное, чтобы переделать ее на свой вкус.

При освоении планет, судя по всему, будет сохранена та же последовательность: сначала посылка в окрестности планеты разведывательных автоматических зондов, затем мягкая посадка на поверхность планеты автоматических станций, наконец, первые экспедиции, знаменующие начало заселения планеты и использования ее богатств.

Здесь также выдвигаются любопытные проекты. Академик Н. Н. Семенов, например, считает, что когда на Марсе будут построены термоядерные реакторы, там можно будет создать приемлемую для людей обстановку. Если использовать энергию марсианских термоядерных электростанций (которые вырабатывали бы в 10 000 раз больше электроэнергии, чем ее вырабатывают ныне на Земле) на электролиз воды, то за несколько десятков лет в атмосфере Марса накопилось бы нужное для человека количество кислорода.

Американский астрофизик К. Саган предлагает распылить в атмосфере Венеры водоросль хлореллу, которая переработает углекислый газ в кислород. Такое преобразование венерианской атмосферы приведет, по мнению Сагана, к охлаждению поверхности Венеры, к созданию там обстановки, пригодной для жизни людей.

Конечно, все это пока не более чем весьма «сырые» идеи. Но характерна тенденция всех подобных проектов — переделать Солнечную систему на свой лад, сделать все околосолнечное пространство средой обитания и деятельности человечества. Но ведь о том же много писал гениальный провидец будущего Константин Эдуардович Циolkовский.

Нетрудно подсчитать, что уже через сотни лет (при тех темпах прироста численности населения Земли, что и сейчас) возникнет острая необходимость расселения человечества в Космосе. Не только Земля, но даже все планеты земного типа вместе взятые не смогут приютить на своей поверхности необычайно размножившееся человечество.

Предвидя эту возможность (которая, конечно, по разным причинам может и не стать действительностью), Циолковский предложил ряд смелых проектов расселения людей в Космосе.

Если все это и на самом деле осуществится, человеческий разум проявит себя, как космический фактор, меняющий облик всей планетной системы. В противоположном случае, то есть если намеченные планы по тем или иным причинам не удастся реализовать, это вовсе не будет означать, что где-то в другом месте Космоса иные космические цивилизации не способны достичь таких или даже гораздо больших вершин технического прогресса.

## **Возможны ли межзвездные перелеты?**

Невообразимо велики межзвездные просторы. Преодолеть их удастся лишь в том случае, если скорость передвижения станет близкой к скорости света — 300 000 км/сек.

Как это ни удивительно, но уже сейчас, на заре космической эры, разрабатываются проекты межзвездных космических кораблей, в частности, так называемых фотонных ракет.

Представьте себе невероятный случай. Вы садитесь в автомобиль, включаете фары, и вдруг автомобиль начинает катиться назад со все возрастающей скоростью. Испугавшись, вы выключаете свет, и машина постепенно останавливается. Свет, отраженный зеркалами фар, создал реактивную тягу. Потоки света, вырывающиеся из фар, уподобились струям газов, выходящим из сопла обычной ракеты, а сам автомобиль превратился в световую, или, как говорят, фотонную ракету.

На практике описанный случай, конечно, невозможен. Реактивная тяга, создаваемая светом автомобильных фар, так ничтожно мала, что привести в движение тяжелый автомобиль она не в состоянии.

Однако будь потоки света несравненно более мощными, автомобиль тронул бы с места. Все дело именно в мощности излучения, так как, принципиально говоря, потоки света могут создать любую реактивную тягу.

В современных схемах фотонная ракета несколько на-

поминает исполинский прожектор (рис. 67). Однако источник света в фотонных ракетах совсем иной, чем в автомобильных фарах.

Как известно, в природе существуют, кроме обычных элементарных частиц вещества — протонов, нейтронов и электронов, противоположные им по электрическому за-

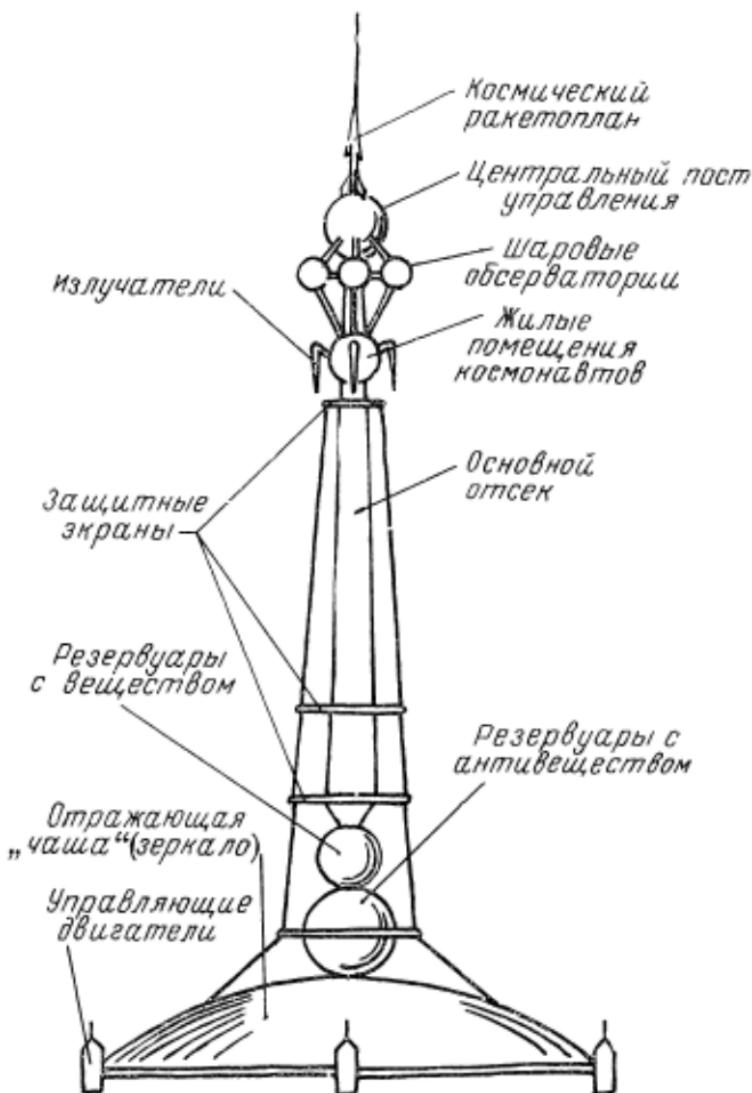


Рис. 67. Один из проектов межзвездной фотонной ракеты

ряду и магнитным свойствам «античастицы» — антипротоны, антинейтроны и позитроны. Когда частица сталкивается со своей античастицей, обе они сразу или через ряд промежуточных состояний превращаются в «порции света» — фотоны. Энергия при этом процессе, называемом аннигиляцией, выделяется в максимально возможном количестве. Если бы, например, удалось аннигилировать сто тонн вещества, то энергии при этом выделилось бы столько, сколько произвело искусственным путем все человечество за последние 2000 лет!

Для получения сверхмощных потоков света в фотонных ракетах и предполагается использовать аннигиляцию. При соединении струй обычных частиц со струями искусственно полученных античастиц будет выделяться такое невообразимо мощное излучение, которое, отразившись от рефлектора фотонной ракеты, создаст нужную тягу. Проекты эти, однако, пока еще очень далеки от технической реализации. Неясно, как получать струи античастиц. Трудно себе представить, где, в каких резервуарах можно сохранить «антивещество», так как соприкосновение его со стенками резервуара мгновенно приведет к аннигиляции. Потоки излучения будут так мощны, что их отражатель просто испарится, если его не сделать из каких-нибудь сверхстойких материалов или не преобразовать «жесткое», очень энергичное первичное излучение двигателя в менее энергичные, но зато безопасные радиоволны.

Короче говоря, до технического осуществления фотонной ракеты еще далеко. Но уже сейчас ясно одно — эти двигатели в принципе могут открыть человечеству путь к звездам. С их помощью, быть может, удастся развивать скорости, как угодно близкие к скорости света.

Полет к ближайшим звездам займет годы или десятилетия. Но могут ли быть достигнуты звезды, лучи которых доходят до Земли за тысячи или десятки тысяч лет, не говоря уже о других звездных системах — галактиках, удаленных от нас на миллионы световых лет? Казалось бы, на этот вопрос возможен лишь отрицательный ответ. Какой безумец станет утверждать, что полет человека среди звезд туманности Андромеды или другой галактики возможен? Но то, что представляется житейскому «здравомыслию» безумным, иногда оказывается гениальным. Теория относительности, созданная гением Эйнштейна, указала выход из как будто безнадежного тупика.

Как уже говорилось, время относительно. В телах, движущихся по-разному, оно течет неодинаково быстро. В фотонных ракетах оно будет течь несравненно медленнее, чем на Земле. И это раскрывает перед космонавтикой такие перспективы, о которых не смел мечтать даже Циолковский.

Пользуясь формулами теории относительности, можно подсчитать, за какие сроки удастся в будущем добираться до звезд и какой выигрыш во времени (для участников полета) при этом получится. Выводы будут совершенно необычайные — судите сами.

Допустим, что фотонная ракета отправляется в полет на ближайшую звезду Проксима Центавра. Скорость ей придется набирать постепенно, чтобы создающееся при этом ускорение не было чрезмерно большим и гибельным для пассажиров. Будем считать, что ракета совершает полет с ускорением, равным  $3 g$  (т. е. втрое большим, чем земное ускорение), причем в первой половине пути скорость ракеты возрастает, а во второй половине пути, приближаясь к цели, ракета должна тормозиться с тем же замедлением ( $3 g$ ). Опыты, проделанные за последнее десятилетие, показали, что троекратную нагрузку человек может переносить долго и безболезненно.

Итак, ракета в полете... Каковы же сроки первого межзвездного перелета?

По расчетам на ракете пройдет 18 месяцев, прежде чем путешественники окажутся вблизи соседней звезды. Если после этого они сразу отправятся в обратный путь, то полет в оба конца по часам ракеты займет около трех с половиной лет. Но время на ракете текло медленнее, чем на Земле. Поэтому для тех, кто остался кружиться вокруг Солнца, протекло от старта ракеты до ее возвращения не 3,5 года, а около десяти лет!

Если путешествие закончится благополучно, его участники должны быть счастливы вдвое. Они повидали соседнюю звезду и заодно, так сказать, сэкономили в полете более 6 лет своей жизни.

И еще один парадоксальный вывод: луч света до Альфы Центавра и обратно пролетает 8,6 лет, тогда как путешественники преодолели то же расстояние за 3,5 года! Получается, что по «собственному» времени ракеты космонавты летели быстрее света, тогда как в земной системе отсчета, по земным часам протекло около 10 лет, т. е.

их скорость, как и следует по теории Эйнштейна, не превысила скорости света.

С увеличением дальности полета эффект замедления времени стремительно (а вовсе не пропорционально) возрастает. Так, например, центральные области нашей Галактики фотонная ракета при прежних условиях (с ускорением  $3 g$ ) достигнет по часам ракеты через 7 лет, тогда как луч света по земным часам преодолевает то же расстояние за 20 000 лет. Следовательно, побывав в центре Галактики и вернувшись на Землю, космонавты не застали бы никого из своих знакомых — ведь, пока они путешествовали, на Земле прошло более 40 000 лет! Они почувствуют себя давно забытыми пришельцами из прошлого. Подобные ощущения пережил бы человек каменного века, если бы внезапно, каким-то чудом, он оказался, например, в центре современной Москвы.

Чем дальше, тем больше.

До соседней галактики — туманности Андромеды — фотонная ракета домчит человека за 9 лет (считаемых, конечно, по часам ракеты). Но, вернувшись на Землю, он узнает, что за 18 лет, проведенных им в полете, на Земле прошло около полутора миллионов лет!

Самые далекие из доступных современным телескопам галактик отстоят от Земли на расстоянии порядка одного миллиарда световых лет. Но фотонная ракета преодолеет эти невообразимые расстояния всего за 15 «собственных» лет? Правда, смельчаки, рискнувшие отправиться в эти космические дали, могут по возвращении обратно не найти собственный дом — ведь по земным часам их путешествие займет более двух миллиардов лет — срок, в течение которого гарантировать сохранность Земли было бы слишком смелым.

Перед человечеством как будто раскрываются поистине безграничные возможности распространения в Космос. Теоретически говоря, оно способно проникнуть как угодно далеко вглубь окружающей нас Вселенной.

Здесь, однако, снова и снова мы должны обратить внимание читателя на то, что техническая реализация фотонных ракет и вообще межзвездных кораблей наталкивается на исключительные трудности.

Из теории реактивного движения следует, что ускорение  $a$  фотонной ракеты определяется простой формулой

$$a = \frac{P}{c},$$

где  $c$  — скорость света, а  $P$  — отношение мощности двигателей ракеты к ее полной массе.

Примем  $a = g$ . Тогда получается, что  $P = 3$  млн.  $\text{вт}/\text{г}$  — величина чудовищно большая!

Наглядно это можно представить себе так. Современные американские атомные подводные лодки, весящие 800 т, имеют двигатель мощностью 15 млн.  $\text{вт}$ . Следовательно, для такой подводной лодки  $P = 0,02 \text{ вт}/\text{г}$ , что в полтораста миллионов раз меньше удельной мощности фотонной ракеты!

Если же отказаться от околосветовых скоростей, то продолжительность межзвездных перелетов возрастет до многих тысячелетий и даже миллионов лет. Даже использование длительного анабиоза вряд ли решит проблему, так как главная цель полета (обмен информацией с внеземной цивилизацией) утеряет всякий смысл — кому нужны ответы, полученные через тысячелетие после запроса?

И все-таки воздержимся от категорического приговора: «межзвездные перелеты абсолютно невозможны». Сколько раз в истории человеческой науки категорические запреты оказывались сокрушенными новым подходом к проблеме, принципиально новыми идеями!

Замечательно, что уже сегодня немалое число ученых работает (и успешно!) над преодолением, конечно, пока теоретически, многочисленных трудностей межзвездного путешествия.

Предложен, например, проект межзвездного самолета, по главной идеи напоминающий современные самолеты с прямоточным двигателем.

Межзвездный самолет захватывает для своего двигателя межзвездный водород, который после преобразования в дейтерий используется как термоядерное горючее. Выгода очевидна — не надо брать с собой с Земли невообразимо большое количество горючего. Не менее очевидны и технические трудности: из-за очень малой плотности межзвездных водородных облаков «забирающее» устройство межзвездного самолета должно иметь огромные размеры — площадь, не меньшую десятков тысяч квадратных километров.

Будет ли это устройство «вещественным», т. е. чем-то вроде зеркала, трубы или конуса? Или, что кажется соблазнительнее, межзвездный водород будут «засасывать» в двигатель особые мощные электромагнитные поля, создаваемые на звездолете? Никто сегодня не сможет ответить ни на эти, ни на многие другие вопросы.

Еще одна трудность: при движении звездолета с околосветовой скоростью встречающиеся на его пути межзвездные атомы и пылинки из-за огромной относительной скорости встречи будут обладать колоссальной энергией и пробивной способностью. Бомбардировка ими оболочки звездолета породит такие дозы радиации, что спастись от нее вряд ли удастся.

Значит, тоже тупик, из которого нет выхода? И опять человеческая мысль уже сегодня ищет решения и этих проблем. Ионизированные атомы предлагается разгонять электромагнитными полями, которые расчистят путь звездолету. Что касается пылинок, то их неплохо испарить мощным лучом лазера. Что это — решение? Нет, пока что только «голая» идея.

Межзвездным перелетам посвящено уже немало книг и много статей как специальных, так и популярных. Из всей этой литературы мы особенно рекомендуем недавно опубликованную книгу Р. Г. Перельмана \*, одного из знатоков этого вопроса. И он, и многие другие ученые приходят к оптимистическому выводу — межзвездные перелеты возможны. Более того, намечаются, правда, пока в самых общих чертах, теоретические схемы будущих межзвездных космических кораблей.

## План Циолковского

Каково далекое будущее космонавтики? Какую роль будет играть она в дальнейшем прогрессирующем развитии человеческой цивилизации?

Вы, конечно, помните давно уже ставшие знаменитыми слова Константина Эдуардовича Циолковского:

«Человечество не останется вечно на Земле, но, в погоне за светом и пространством, сначала робко проник-

\* Р. Г. Перельман, Цели и пути покорения Космоса, изд-во «Наука», 1967.

нет за пределы атмосферы, а затем завоюет себе все околосолнечное пространство».

Более полувека прошло с тех пор, как в одном частном письме были написаны эти строки. Высеченные на памятниках, воспроизведенные в бесчисленных книгах и статьях о Циолковском, они так часто ныне повторяются, что заложенная в них глубина идеи — главной идеи великого основоположника космонавтики — порою просто не доходит до нашего сознания.

Как, в каком это смысле «человечество не останется вечно на Земле»? Идет ли речь о том, что со временем человечество покинет пределы атмосферы, что вслед за первыми космическими полетами люди высадятся на Луну, а затем когда-нибудь на планеты и другие космические тела? Высадятся, чтобы исследовать их, использовать природные богатства этих тел для нужд Земли, для устройства здесь, на Земле, совершенной во всех отношениях цивилизации? Или человечеству предстоит со временем покинуть земную колыбель, обрести «бездну могущества», расселиться на просторах Космоса и стать в полном смысле слова космической (а не только земной) цивилизацией?

Достаточно обратиться к творениям самого К. Э. Циолковского, чтобы стало очевидным — великий основоположник космонавтики считал ее средством для расселения человечества не только в пределах Солнечной системы, но и по всему Млечному Пути, по всей нашей Галактике.

В своей знаменитой работе «Исследование мировых пространств реактивными приборами»\* Циолковский подробно обсуждает «план работ, начиная с ближайшего времени» (уместно вспомнить, что этот план впервые опубликован в 1926 году!). Он состоит из 15 основных пунктов. Первые девять из них уже выполнены — от создания реактивных самолетов до пилотируемых полетов в космических окрестностях Земли. Но вот что намечает Циолковский в следующих пунктах своего грандиозного плана:

«10. Вокруг Земли устраиваются обширные поселения.

---

\* К. Э. Циолковский, Собрание сочинений, т. II, изд-во АН СССР, 1954.

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

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

13. Развивается промышленность и увеличивается число колоний.

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

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

Дух захватывает, когда вдумываешься в эти строки. Совсем еще недавно такого рода проекты казались многим какой-то дикой фантазией. Да и сейчас немало скептиков, которым, по крайней мере, пункт 15 плана Циолковского кажется совершенно утопическим.

Попробуем, однако, спокойно обсудить, выполним ли, реален ли в принципе этот план. И прежде всего — способно ли человечество дать со временем такое множество деятелей, которым под силу окажется «расселение по Млечному Путю».

На протяжении всей истории человечества численность народонаселения Земли неуклонно возрастала. Демографы утверждают, что за 7 тысяч лет до нашей эры на всей планете обитало не более 20 миллионов человек. В начале нашей эры во всей огромной, раскинувшейся по трем континентам Римской империи было всего 54 миллиона жителей. К началу текущего века человечество насчитывало в своих рядах 1,6 миллиарда человек, а сейчас, в 1969 г., более трех с половиной миллиардов.

Изучая динамику роста народонаселения Земли, легко обнаружить, что общее число землян растет не пропорционально времени, а несравненно быстрее. Если до начала нашей эры количество обитателей Земли удваивалось каждую тысячу лет, то в период после 1850 г. удвоение произошло за 100 лет. В наше время удвоение населения Земли ожидается к 2000 году.

Ныне каждую секунду общество землян увеличивается на 2—3 человека, а к исходу каждого суток в его ряды вливается новая двухсоттысячная армия!

Численный рост человечества можно изобразить графически, откладывая по горизонтальной оси годы, а по вертикальной — число землян. Если бы общее количество людей увеличивалось пропорционально времени, рост человечества изобразился бы некоторой идущей вверх прямой. На самом же деле график роста — стремительно взмывающая вверх кривая, называемая в математике экспонентой. Она представляет собой так называемый закон нормального роста, при котором годовой прирост пропорционален численности населения.

Закону роста по экспоненте подвержены не только численность населения Земли, но и другие величины. В частности, технологическое развитие земной цивилизации также происходит по экспоненциальному закону. И хотя научно-технический прогресс не связан прямо с ростом численности населения, именно этот прогресс в первую очередь стимулирует выход человечества в Космос, превращение человечества в космическую цивилизацию.

За последние два века ежесекундное количество энергии, вырабатываемое различными техническими устройствами, удваивается каждые 20 лет и ныне составляет  $4 \times 10^{19}$  эрг. Если так будет и впредь, через 200 лет человечество станет производить энергии в тысячу раз больше, чем теперь, что заметно изменит тепловой режим Земли. Потепление, вероятно, приведет в конце концов к таянию антарктических ледников со всеми неприятными последствиями этого процесса (повышением уровня океана и затоплением больших пространств суши). Значит, через два века, а то и быстрее может оказаться целесообразным вынос энергетических установок за пределы Земли, в Космос.

Кстати сказать, стремительно растут и наши знания. Как уже говорилось, в настоящее время объем информации, черпаемый человечеством в процессе познания окружающего мира, удваивается примерно каждые 10 лет. В дальнейшем эти темпы должны увеличиться, так как и объем информации растет по тому же экспоненциальному закону.

Космонавтика зародилась тогда, когда никакой реальной угрозы перенаселения Земли не было и в помине. Нет ее и сейчас и не будет для ближайших поколений. Надо со всей определенностью подчеркнуть, что на освоение Космоса нас ныне толкает не перенаселение земного шара (его нет и долго еще не будет), а жажда познания — великое качество человеческой натуры. В будущем, однако, этот главный мотив будет подкреплен и другими практическими причинами.

К расселению в Космосе толкают человечество ограниченные (хотя пока во многом еще не использованные) энергетические и вещественные ресурсы нашей планеты. Сегодня земные ресурсы еще очень велики, и возможности их использования далеко не исчерпаны. Практическая задача, по крайней мере, на ближайшие десятилетия — «выжить» из нашей планеты максимум того, что она может дать. Нет сомнений, что даже при современном уровне техники,rationально используя земные богатства и суши и океанов, можно прокормить гораздо большее количество людей, чем то, которое сегодня населяет земной шар.

Как уже было сказано, ныне человечество ежесекундно расходует энергию, равную  $4 \times 10^{19}$  эрг/сек. За последние полвека ежегодное увеличение расхода энергии (или энергоооруженность) составляло 3—4 %. Допустим даже, что в будущем этот прирост снизится до 1 %. Несложные расчеты показывают, что через 3200 лет человечество будет ежесекундно потреблять (а следовательно, и производить) такое же количество энергии, как Солнце ( $4 \times 10^{33}$  эрг), а через 5800 лет — столько же, сколько все 150 миллиардов звезд нашей Галактики!

Совершенно очевидно, что в рамках Земли такое сверхмощное производство осуществить нельзя. Следовательно, человечество должно будет вырваться за пределы Земли. Как оно будет жить в космосе, какими техническими средствами и в какой форме овладеет человек Солнечной системой, сказать сейчас трудно. Ясно одно — в современном человечестве заложены возможности для ничем не ограниченного прогресса, и не видно принципиальных причин, почему бы в будущем человечеству и не расселиться «по всему Млечному Пути». План Циолковского, принципиально говоря, осуществим.

## Проблема «Космического чуда»

То, что наша земная цивилизация — не единственное во всем Космосе общество разумных существ, давно уже стало азбучной истиной. Даже наиболее скептически настроенные ученые полагают, что общее число высокоразвитых цивилизаций только в одной нашей Галактике измеряется сотнями тысяч, а то и миллионами. Но тогда это общепринятое убеждение и рассуждения, которыми была наполнена предыдущая глава, приводят к странному парадоксу, получившему наименование «космического чуда».

Будем называть высокоразвитой ту космическую цивилизацию, которая по уровню развития не уступает земной, а может быть, и значительно ее превосходит. Нетрудно сообразить, что если даже внеземные цивилизации и развиваются по пути технического прогресса, как и человечество, и примерно в тех же темпах, различия в уровне развития этих цивилизаций могут быть огромными. Представьте себе, например, внеземную цивилизацию, которая старше человечества, скажем, на три тысячи лет. Такая цивилизация должна уже полностью овладеть своей планетной системой. Ну а цивилизация, еще более старая, может стать властелином всей своей галактики. И если в нашей звездной системе существовала хотя бы одна такая сверхцивилизация (что уж там говорить о сотнях тысяч!), мы могли бы давно непосредственно вступить с ней в контакт или, по крайней мере, в Галактике видеть следы ее деятельности.

Но этого нет. Космос подозрительно пуст, безжизнен. Или, лучше сказать, он кажется таким с первого взгляда. Возникает явно парадоксальное противоречие. Объяснить его можно по-разному.

Вариант первый: наша цивилизация самая старая, а значит, самая совершенная в наблюдаемой части Космоса. Если это так, то остальные общества разумных существ просто еще не доросли до уровня, на котором технически осуществима межзвездная связь. Такие «младенческие» цивилизации просто еще не в состоянии как-либо проявить себя в масштабах Космоса, как не могло этого сделать и человечество всего 40 лет назад.

Это, казалось бы, соблазнительное решение проблемы «Космического чуда» вряд ли состоятельно. Астрономам

в Галактике известно множество звезд, заведомо более старых, чем Солнце. Наше Солнце — звезда второго поколения. Но тогда цивилизации, возникшие вблизи звезд первого поколения, давно уже достигли бы уровня сверхцивилизаций и мы бы их должны были обнаружить.

Вариант второй: все космические цивилизации по каким-то причинам быстро гибнут, не достигая «космических» высот в своем развитии. Отсюда и кажущаяся небитаемость космоса.

Это мрачное решение усиленно пропагандируется некоторыми зарубежными учеными. Спора нет — принципиально мыслимо самоубийство цивилизаций (например, в результате истребительной ядерной войны), как и самоубийство отдельных особей. Но вряд ли можно утверждать, что такой трагический конец неизбежен абсолютно для всех внеземных цивилизаций. Не забудьте, что достаточно нескольким из них осуществить план Циolkовского, и мы обязательно обнаружили бы их присутствие в Космосе.

Вариант третий: все обстоит благополучно, многие цивилизации в Космосе уже достигли уровня сверхцивилизаций. Они освоили огромные пространства, колоссальные количества вещества. Давным-давно их деятельность проявляется в космических масштабах. Более того, мы видим следы этой деятельности, т. е. совершиенно необычные и непонятные космические явления («космическое чудо»!), но приписываем всем этим явлениям естественное, а не искусственное происхождения.

Согласитесь, что такое неожиданное решение весьма заманчиво. Если оно верно, тогда, очевидно, задача человечества заключается в том, чтобы понять истинный смысл «космических чудес» и попытаться так или иначе вступить в общение с другими разумными существами Космоса.

Чтобы оценить всю важность проблемы «космического чуда» (а эта проблема стала предметом научного анализа даже в специальных работах), попробуем прежде всего представить себе, каким образом космическая сверхцивилизация смогла бы заявить о своем существовании другим обществам разумных существ. Общество разумных существ, превратившись в сверхцивилизацию, естественно, захочет установить контакты с други-

ми цивилизациями Космоса (если еще раньше этого не произошло). Из всех видов связи радиосвязь может быть одним из способов общения цивилизаций в Космосе. Можно думать, что космические сверхцивилизации часть вырабатываемой энергии станут употреблять именно на эту благородную задачу — поделиться своим знанием и своим опытом с цивилизациями, гораздо менее развитыми.

Логика подсказывает и способ, каким лучше всего это сделать. Направить излучение на какую-нибудь заранее выбранную подходящую звезду? Но велики ли шансы, что именно сейчас, в эту эпоху, разумные обитатели планетной системы этой звезды занялись поисками иных цивилизаций и что они решили направить радиотелескоп именно в ту точку неба, откуда к ним начали посыпать сигналы? Согласитесь, что при такой методике требуется исключительно редкое сочетание различных благоприятных обстоятельств. Не помогут и последовательные передачи для многих звезд — это и долго и громоздко, да и звезд даже в одной Галактике чересчур много.

Совсем другое дело — вещать сразу для всех, так сказать, на всю Вселенную. Вполне мыслимо, что сверхцивилизация сумеет построить множество радиопередатчиков и направить их во все точки неба. Иначе говоря, радиопередачи следует вести изотропно, во всех направлениях. Тогда весьма вероятно, что кто-то и где-то такую передачу примет, расшифрует и поймет. А затем со временем наладится и межзвездная связь.

Человечеству вести изотропные космические радиопередачи пока не по силам. Но другие цивилизации, или, точнее, сверхцивилизации, возможно, такие передачи давным-давно уже ведут и их радиосигналы поступают на Землю. Вот бы их поймать и расшифровать! Подсчитано, что если в нашей Галактике есть хотя бы одна цивилизация, полностью освоившая свою планетную систему, а во всей наблюдаемой части Космоса хотя бы одна цивилизация, освоившая свою галактику, то их радиопередачи достигают Земли и современная радиоаппаратура способна их уловить.

Можно заранее предвидеть, какими должны быть радиосигналы далеких братьев по разуму. Различные помехи будут мешать межзвездной радиосвязи. Таковы

излучения межзвездного водорода и другие мешающие излучения. Наименьшими помехи будут при длине волны 8—10 см. Значит, этот диапазон и должны использовать внеземные цивилизации — ведь им помехи известны не хуже, чем нам.

Как отличить искусственный радиосигнал от естественного радиоизлучения? Какими признаками должны быть наделены радиопередачи внеземных цивилизаций? Если это передачи шумового типа, то их радиоспектр (т. е. распределение интенсивности радиопередачи в зависимости от длины волны) должен быть зеркальным отражением «кривой помех». Иначе говоря, так как легче всего до Земли дойдут радиоволны с длиной 8—10 см, то именно на таких волнах радиопередачи должны быть самыми интенсивными.

Чтобы передать с помощью радиоволн какие-то знания, какую-то информацию, надо превратить их в сигналы. Способы тут возможны разные. Можно менять амплитуду радиоволн, и тогда радиоизлучение станет переменным — оно будет то ослабляться, то усиливаться, причем как раз в этих чередованиях должен заключаться какой-то смысл, некий код. С той же целью можно менять длину посылаемых радиоволн. Когда мы играем на рояле или на другом музыкальном инструменте, приходится изменять как длину звуковой волны, так и ее интенсивность — в итоге возникает музыка. Быть может, когда-нибудь удастся различить «музыку» и в радиоволнах, приходящих к нам из глубин Космоса? Мыслимы, конечно, и другие признаки искусственностии — например, необычный вид радиоспектра с какими-нибудь заведомо искусственными прямоугольными «вырезами». Словом, искусственный радиосигнал при достаточной нашей проницательности можно отличить от естественного радиоизлучения. Но приходят ли к нам из Космоса такие сигналы?

В 1964 г. доктор физико-математических наук Н. С. Кардашев обратил внимание на два странных радиоисточника, обозначаемых в каталогах как СТА-21 и СТА-102. Их радиоспектр удивительно напоминал искусственный (с максимумом интенсивности на сантиметровом диапазоне) и совсем не был похож на радиоспектры заведомо естественных радиоисточников.

Год спустя молодые московские радиоастрономы

(Г. Б. Шоломицкий и др.) неожиданно обнаружили, что радиоизлучение источника СТА-102 заметно меняется, причем с периодом около 100 дней! Более того, несколько позже выяснилось, что на фоне этих главных изменений «радиояркости» происходят и менее заметные колебания с периодом около получаса!

Между тем источник СТА-21, во всем остальном похожий на СТА-102, продолжает оставаться неизменным, а сейчас, по-видимому, прекратил колебания радиоблеска и источник СТА-102.

Источник СТА-102 удалось отождествить с трудно доступным наблюдению звездообразным объектом 17-й звездной величины. Судя по его спектру он удаляется от Земли со скоростью, составляющей 60% скорости света. Следовательно, источник СТА-102 чрезвычайно далек от Земли.

Подозрительные радиоисточники СТА-21 и СТА-102 принадлежат к так называемым квазарам — удивительным объектам, обнаруженным впервые в 1963 г. Они очень далеки от Земли, по мощности излучения превосходят крупнейшие из галактик, но переменность этого излучения показывает, что квазары — объекты сравнительно небольших размеров (порядка Солнечной системы) и, по-видимому, чудовищно большой массы.

Что такое квазары, до сих пор неизвестно, и не исключено (так считает Н. С. Кардашев), что за этим словом скрываются далекие, интенсивно действующие, овладевшие своей галактикой сверхцивилизации. Известный советский астрофизик чл.-корр. АН СССР И. С. Шкловский пишет: «...почему бы не представить, что деятельность разумных, высокоорганизованных существ не может изменить свойства целых звездных систем — галактик? Для того чтобы цивилизация, постепенно «диффундируя», распространилась на всю галактику, постепенно «перестраивая» все встречающиеся на ее пути звезды, нужно не более, чем несколько десятков миллионов лет. Может быть, те удивительные явления, которые наблюдаются в ядрах галактик (в том числе и нашей), связаны с активной деятельностью высокоразвитых цивилизаций? И, наконец (страшно даже подумать, а не то, что написать), быть может, причина исключительно мощного радиоизлучения некоторых радиогалактик — деятельность таких форм высокоорганизованной

материи, которые даже трудно назвать разумной жизнью?» \*.

За последние годы количество обнаруженных страных, трудно объясняемых естественными причинами космических явлений увеличилось. Речь идет прежде всего о так называемом «мистериуме» и пульсарах.

Совсем недавно на общем фоне «радиошума», т. е. самых разнообразных радиоволни естественного происхождения, радиотелескопы уловили странные сигналы, по ряду признаков напоминающие искусственные. Случилось это летом 1967 г. в одной из английских радиоастрономических обсерваторий. Из точки неба, близкой к яркой звезде Вега, исходили странные радиоволны. Их сила, интенсивность то нарастала, то убывала, причем эти колебания повторялись удивительно ритмично с периодом 1,3373 секунды! Где-то в глубинах Космоса будто пульсировал какой-то невидимый источник радиоволни, и неудивительно, что английские радиоастрономы тотчас же назвали его пульсаром.

Иногда пульсар прекращал свою работу на несколько минут, а потом сигналы снова возобновлялись, причем прежний период выдерживался с изумительной точностью. Выяснились и любопытные подробности: за время каждой пульсации длина принимаемых на Земле радиоволн менялась от 3,70 до 3,75 метра, а изредка и в гораздо больших пределах (в пять раз!). Невольно создавалось впечатление, что «кто-то» передает сигналы так, чтобы приемник, настроенный на любую (в данном интервале) длину волны, смог их принять.

Более полугода английские радиоастрономы не решались оповестить мир о своем открытии. За это время, совершая облет Солнца, Земля сместилась в пространстве на 300 миллионов километров. Однако это обстоятельство никак не сказалось на положении пульсара — он остался в прежней точке неба. Отсюда астрономы сделали вывод, что пульсар очень далек — расстояние до него во всяком случае не меньше, чем до ближайших звезд.

Когда, наконец, открытие стало известным, радиоволны пульсаров (их сейчас известно более трех десятков) были приняты на всех крупнейших радиоастрономических

\* И. С. Шкловский, Вселенная, жизнь, разум, изд-во «Наука», 1965.

обсерваториях мира. Теперь нет никаких сомнений, что из многих точек неба к нам на Землю приходят какие-то странные радиосигналы, несколько напоминающие искусственные.

Так, значит, наконец, обнаружены инопланетяне, представители внеземных высокоразвитых цивилизаций? Подождем делать этот скороспелый вывод. Ученым всегда свойственна осторожность, стремление снова и снова проверить факты, дать им самое простое естественное объяснение. А ссылаться на инопланетян чересчур просто — в конце концов деятельностью могущественного внеземного Разума можно объяснить все, что угодно.

Кто не слышал о лазерах, этих удивительных, как их называют, квантовых генераторах, которые создают очень узкие и в то же время необычайно мощные пучки света? Лазеры прочно вошли в современную технику, и им уже найдено самое разнообразное применение.

Каково же было удивление астрономов, когда внутри некоторых газовых туманностей они обнаружили действующие лазеры поистине космической мощи! Несмотря на то, что нас отделяют от этих космических лазеров десятки и сотни световых лет, их радиосигналы на волне около 18 см доходят до Земли и регистрируются земными радиотелескопами. В разреженных газовых туманностях, где были найдены эти удивительные объекты, нет ничего, что могло бы объяснить их радиоизлучение. Мало того — выяснилось, что это излучение меняется и притом за короткие сроки, что у естественных тел почти не наблюдается. Вся совокупность этих странных явлений была названа астрономами «мистериумом», т. е. в буквальном переводе «тайным».

Как природа могла создать многочисленные лазеры, которые до 1965 г. считались техническим изобретением человечества? Неужели и на этот раз радиотелескопы приняли передачи внеземных цивилизаций?

Ответа на эти вопросы наука пока не нашла. Не будем и мы пока спешить с выводами. Человечество еще только выходит на просторы Космоса, и его наверняка ждут самые неожиданные сюрпризы.

Возможны два варианта. Или принятые радиосигналы рождены какими-то естественными источниками необычайной и пока непонятной нам природы. Или Космос на самом деле населен высокоразвитыми обществами ра-

зумных существ и человечеству удалось принять радиосигналы внеземных цивилизаций. Проблема «космического чуда» пока остается нерешенной.

Самое ближайшее будущее, вероятно, покажет, кто прав: те ли, кто считает Космос безграничной мертвой пустыней, где цивилизации, подобные земной, исключительно редки, или те, кто верит в беспрецедентную мощь природы, в ее способность создавать на великом множестве планет высокоразвитые общества разумных существ. Пока очевидно одно: рождение космонавтики ознаменовало переход к совершенно новой, «космической», фазе развития человечества. Космонавтика раскрыла перед земной цивилизацией практически безграничные возможности совершенствования, научного, технического и общественного прогресса.

«Смело же идите вперед, великие и малые труженики земного рода, и знайте, что ни одна черта из ваших трудов не исчезнет бесследно, но принесет вам в бесконечности великий плод» \*.

---

\* К. Э. Циолковский, Собрание сочинений, т. II, изд-во АН СССР, 1954.



# Содержание

Стр.

Что такое космонавтика . . . . .	5
<b>Во власти тяготения . . . . .</b>	<b>9</b>
Можно ли преодолеть тяготение? . . . . .	10
Мы живем на «материнской точке» . . . . .	14
Ньютон и космонавтика . . . . .	15
Необычные спутники Земли . . . . .	22
Нереальные задачи . . . . .	24
Рычаг, маятник и искусственные спутники Земли . . . . .	26
Торможение, ускоряющее полет . . . . .	28
Долго ли «живут» спутники? . . . . .	30
Смотрите — спутник! . . . . .	33
Искусственные спутники других небесных тел . . . . .	35
Как попасть в Луну? . . . . .	37
Парадоксы межпланетных перелетов . . . . .	42
Межпланетный бильярд . . . . .	48
Кое-что об оптимизации траекторий . . . . .	49
Лифт в Космос . . . . .	51
Неощущимое тяготение . . . . .	53
<b>Немного о двигателях . . . . .</b>	<b>56</b>
Реактивная телега . . . . .	58
Сила и слабость химических ракет . . . . .	60
Ядерные реакторы на орбитах . . . . .	64
Тише едешь — дальше будешь . . . . .	66
Парадокс наизнанку . . . . .	72
Космические бригантины . . . . .	75
<b>Внутри космического корабля . . . . .</b>	<b>80</b>
Нужна ли обтекаемость? . . . . .	81
Угодить всем . . . . .	83
В кабине корабля «Восток» . . . . .	85
Где я? . . . . .	88
Чудо-глобус и астроориентатор . . . . .	92
Расчеты и «просчеты» . . . . .	96
Как маневрируют космические корабли . . . . .	99
Три стабилизатора . . . . .	100
В борьбе с жарой и холодом . . . . .	102
Невидимые нити . . . . .	103
Солнце дает ток . . . . .	110
<b>Перед стартом . . . . .</b>	<b>113</b>
Сколько может весить человек? . . . . .	114
В роли снаряда . . . . .	118
Легко ли быть невесомым? . . . . .	121
Когда кровь вскипает в жилах . . . . .	125
Кусочек родной планеты . . . . .	129
Пища небожителей . . . . .	131
Костюм для прогулок в Космосе . . . . .	132
Космическая психология . . . . .	137
Космонавт летает... на Земле . . . . .	140
<b>В полете . . . . .</b>	<b>144</b>
На космодроме . . . . .	145
Активный участок . . . . .	147

Земля на небе	149
Зоны радиации	153
Метеорное покрывало Земли	160
Солнечные ветры и ураганы	161
Купаясь в солнечных лучах	165
Когда взрываются камни	168
<b>Под ногами — Луна!</b>	172
Как прилуниться?	173
Луна Луны	181
Первые люди на Луне	185
Лунный камень на ладони	190
Маршруты лунных экспедиций	193
Нас ждут сюрпризы	198
<b>«На пыльных тропинках далеких планет...»</b>	202
На межпланетных трассах	203
Посадка в атмосфере	210
Планета Венера — утраченные иллюзии и новые надежды	215
Автоматы изучают Марс	223
О межпланетных экспедициях	226
Богаты ли планеты ископаемыми?	229
<b>Кому принадлежит Космос?</b>	231
Где кончается государство?	232
Кому принадлежат небесные тела?	234
Проблемы важные, но далекие	239
<b>Космонавтика вчера, сегодня, завтра</b>	243
Первые шаги	244
Это начиналось так	248
Земные профессии спутников	251
Близкие перспективы	262
От спутников к орбитальным станциям	264
Из Космоса на Землю	273
Индустрия в Космосе	279
Возможны ли межзвездные перелеты?	284
План Циолковского	290
Проблема «Космического чуда»	295

Феликс Юрьевич Зигель

### ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ КОСМОНАВТИКА

Редактор Г. Ф. Лосева

Художник Н. С. Лаврентьев

Техн. редактор А. Я. Дубинская

Корректор Л. Е. Хохлова

Т-18013 Сдано в набор 5/V 1969 г. Подписано в печать 18/XII 1969 г.  
 Формат 84×108/32 Печ. л. 9,75, в т. ч. 4 цветн. вкл. (Усл. печ. л. 16,38)  
 Уч.-изд. л. 15,75 Бум. л. 4,88 Бумага № 1 Тираж 30 000 экз. Цена 60 коп.

Тем. план 1968 г. № 435

Издательство «Машиностроение»

Москва, К-51, Петровка, 24 Изд. зак. № 2072

Московская типография № 8 Главполиграфпрома  
 Комитета по печати при Совете Министров СССР,  
 Хохловский пер., 7. Тип. зак. 3862

Цена 60 коп.