

НАСЕЛЕННЫЙ КОСМОС

НАСЕЛЕННЫЙ КОСМОС

- Жизнь — что это такое?
- Космические воздействия
- В лучах Солнца
- Шаги в Космос
- Разум, отзовись!
- Человечество —
цивилизация космическая?



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

МОСКВА

1 9 7 2

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР

академик Б. П. КОНСТАНТИНОВ

РЕДАКТОР-СОСТАВИТЕЛЬ

В. Д. ПЕКЕЛИС

2-1

23—71 НПЛ

Предисловие

Идея сборника «Населенный Космос» была высказана основоположником астробиологии Г. А. Тиховым еще в 1960 г., но по разным причинам осуществление ее растянулось на много лет. А за это время стремительно развивающиеся науки о Космосе далеко вышли за рамки тех проблем, разработкой которых занимались ученые в 50-х годах.

По мере развития проблем, связанных с изучением Космоса, менялся и расширялся круг вопросов, которые должна была охватить эта книга. Все это потребовало от коллектива, работавшего над сборником, значительных усилий. Большой вклад внесли в свое время покойные академики Н. М. Сисакян, Б. П. Константинов, В. В. Парин, много сделавшие для развития идей этого сборника.

Сборник «Населенный Космос» как бы подводит предварительные итоги научных достижений, сомнений и прогнозов, возникших в самом начале зарождения космической эры, поэтому в книгу не вошли данные, полученные наукой в последующее время. Некоторые статьи сборника имеют сейчас историческое значение, другие — знакомят нас с недавним уровнем прогностики в данной области. Именно в таком сравнении ощущаются стремительные шаги вперед науки о Космосе, видно, как все более проявляется неисчерпаемая и во многом еще недоступная современной науке проблема населенного Космоса. Этой проблеме будет, вероятно, посвящена еще не одна книга — в них найдут отражение успехи науки на соответствующих этапах ее развития.

Трудно указать другую область современного естествознания, где проблемы были бы столь дискуссионными; поэтому к участию в сборнике пригласили ученых, подчас защищающих прямо противоположные точки зрения. В книге это нашло отражение в компоновке материала — некоторые статьи сопровождаются заметками и краткими сведениями с диаметрально противоположными высказываниями, а иногда и с мнением спорным, пока еще окончательно не подтвержденным. Это обстоятельство не должно смущать читателя — на переднем крае науки не только возможны, но и неизбежны разногласия, дискуссии, споры. Именно в таких спорах рождается истина.

Сегодня под проблему населенного Космоса попадают все вопросы, связанные с любой формой жизни вне Земли. Поэтому в книгу включены статьи специалистов в области самых разнообразных проблем — от происхождения жизни до космического права и космонавтики будущего. Содержание сборника, естественно, получилось весьма многообразным. Но в этом многообразии есть внутреннее единство — жизнеутверждающая идея о населенности Космоса, широком распространении жизни в окружающей нас Вселенной.

Что такое жизнь? Как она возникает из неорганической материи? Каких высот достигает в своем развитии? Есть ли внеземные цивилизации и возможно ли установить какие-либо контакты с ними?

Приходится признать, что мы пока не знаем исчерпывающих ответов на эти вопросы. Однако успехи космонавтики, астрофизики, радиоастрономии и других наук, имеющих прямое отношение к изучению Космоса, вселяют в нас уверенность, что эти проблемы могут быть решены и притом в обозримом будущем. Вполне возможно, что даже в пределах Солнечной системы мы встретим новые, неизвестные нам формы жизни и это облегчит решение сложнейшей проблемы современного естествознания — проблемы происхождения жизни.

Совсем недавно астробиологические исследования ограничивались работами Г. А. Тихова и его школы — сравнительным изучением оптических свойств земных растений и марсианских морей. Сейчас развиваются такие новые отрасли естествознания, как космическая микробиология и космическая генетика. В связи с полетами в Космос бурно прогрессируют космическая биология и космическая медицина. Проблема контакта с внеземными цивилизациями стала предметом многочисленных научных работ и научных конференций, что доказывает актуальность этого нового направления человеческой деятельности.

В книге «Населенный Космос» значительное место уделено проблемам космической биологии, космической медицины, космическому праву. В отличие от чисто астробиологических проблем, вопросы, разрешаемые этими науками, носят сугубо практический характер. Человечество во все возрастающем темпе осваивает Космос. Трудно сказать, в каких формах будет происходить расселение человечества в Космосе, овладение энергетическими и материальными богатствами Вселенной. Но несомненно одно: дальнейший прогресс человеческой цивилизации возможен лишь в условиях мира, творческого содружества всех наций и народов.

Жизнь — явление чрезвычайно настойчивое, упорное. Она может существовать и в условиях, сильно отличающихся от земных.

Г. А. Тихов

1

Жизнь — что это такое?

Вопрос, как возникла и развивалась жизнь на Земле, всегда был в центре внимания естествоиспытателей. Данные современной науки подтверждают материалистический вывод о том, что жизнь является закономерным результатом развития материи.

При исследовании проблемы происхождения жизни анализируется комплекс физико-химических условий, вероятно имевший место на Земле в период возникновения жизни и в дальнейшие периоды ее развития, определяются закономерности появления цепочки процессов, приведших к биологической эволюции. Но для постановки вопроса о существовании жизни на других космических телах важно определить, насколько универсальны характеристики земной жизни для всей Вселенной. Каков спектр условий, необходимых для возникновения высокоорганизованных форм материи?

Установление этих условий весьма трудная задача. Мы знаем, что живые организмы обладают необыкновенной приспособляемостью к самым, казалось бы, неблагоприятным условиям существования. Не противоречит научному мировоззрению и предположение о возможности не только белковой формы жизни. Современная кибернетика дает возможность широкого рассмотрения сущности жизненных процессов без обращения к конкретному материальному субстрату. Функциональное определение живого позволяет рассматривать целые классы сложных самоорганизующихся систем, приспособленных к решению определенных задач в средах своего обитания.

У истоков жизни

А. И. ОПАРИН,
академик

Среди основных философских проблем естествознания вопросу об истоках жизни, об ее исходном возникновении принадлежит исключительно важное место. Как произошел начальный переход от неорганической природы к миру живых существ? Как возникли у нас на Земле (а может быть, и не только на ней, но и на других небесных телах) первичные, наиболее примитивные организмы, которые явились в процессе дальнейшей эволюции родоначальниками всего живого населения планеты? Длительное время этот вопрос не находил своего рационального, научного решения, считался скорее областью веры, чем знания. Только во второй половине нашего века (главным образом благодаря трудам советских ученых) произошло коренное изменение отношения широких кругов естествоиспытателей многих стран мира к проблеме возникновения жизни. Вместе с тем очень важным явилось то, что были найдены рациональные пути к научно обоснованному разрешению этой проблемы.

В настоящее время становится все более и более очевидным, что возникновение жизни не является какой-то «счастливой случайностью» (как это думали недавно). Оно представляет собой вполне закономерное явление, обязательный результат общего развития Вселенной. В частности, в основе возникновения нашей земной жизни лежал процесс эволюции углеродистых соединений и формировавшихся из них сложных мономолекулярных систем.

Начальная стадия этой эволюции — абиогенное образование простейших органических веществ (углеводородов и их ближайших производных) чрезвычайно широко распространено в Космосе. Оно совершается и в настоящее время на самых разнообразных объектах Вселенной. И эта стадия до известной степени доступна нашему непосредственному изучению даже сейчас, а в дальнейшем, по мере проникновения человека в Космос, наши знания в этой области будут становиться все более полными.

Соединения углерода и водорода, в частности метан и углеводородные радикалы, можно обнаружить, с одной стороны, на поверхности звезд (например, на поверхности Солнца), где температура несколько тысяч градусов и очень высокая гравитация, а с другой — в межзвездном пространстве, в разреженной газовой пылевой материи, при чрезвычайно низкой гравитации и температуре, близкой к абсолютному нулю. В этом отношении весьма интересно не только изучение самой межзвездной материи, но и исследование комет. Эти космические тела, формирующиеся в условиях почти межзвездной среды, изобилуют легкими углеводородами и цианом, что легко обнаружить при их проникновении во внутренние

области нашей планетной системы. В пределах самой системы мы обнаруживаем громадные количества метана в атмосфере больших планет, а также их спутников.

Особенно большое внимание уделяют сейчас изучению углеродистых соединений в метеоритах, во-первых, потому, что метеориты до самого последнего времени (до анализов лунного грунта) были единственными неземными объектами, которые были доступны непосредственному исследованию не только в химическом, но и в минералогическом отношении, и, во-вторых, в силу сходства метеоритного вещества с тем материалом, из которого формировалась Земля.

В составе некоторых метеоритов, так называемых углистых хондритов, можно обнаружить значительное количество углерода. Он представлен здесь в самородном виде, а главным образом в виде углеводородов и их кислородных, азотистых и сернистых производных, иной раз весьма сложных и высокомолекулярных. Некоторые из них вполне сходны с теми органическими веществами, которые присутствуют в земных организмах. Поэтому даже высказывалось мнение, что на метеоритах или на тех материнских телах, из которых они образовались, — астероидах, существовала жизнь и что органические вещества углистых хондритов являются продуктами вторичного распада внеземных организмов.

Это мнение сейчас приходится, однако, отвергнуть и на основании ряда полученных данных признать, что метеоритная органика возникла первично, абиогенным путем. Некоторые современные авторы (в частности, Дж. Бернал) высказывают мнение, что послужившие материалом для зарождения наших земных организмов органические вещества образовались не только до возникновения жизни, но даже до формирования нашей Земли как планеты. По мнению Бернала, они уже в готовом виде были получены Землей в составе планетезималий — близких к метеоритам по своему химическому составу сравнительно мелких, холодных скоплений межзвездной пылевой материи, из которых сформировались планеты земного типа.

■ ИСТОКИ ЖИЗНИ В КОСМОСЕ

Первые стадии возникновения жизни могут протекать в космическом пространстве. К такому выводу несколько лет назад пришел американский ученый доктор Р. Берджер в результате проведенных им экспериментов.

С помощью ускорителя частиц он бомбардировал протонами смесь метана, аммиака и воды, охлажденную до -230°C . Уже спустя несколько минут в смеси можно было обнаружить мочевины, ацетамид и ацетон — органические вещества, нужные для синтеза более сложных соединений. Ученый сделал вывод, что все

эти вещества могут образовываться в космическом пространстве, где имеются бесчисленные атомы разных элементов, облучаемые потоками радиации. По его мнению, в межзвездном пространстве таким же путем образуются и более сложные соединения вплоть до аминокислот, из которых, как известно, состоит белок — основа жизни.

Если это так, то процесс образования живого вещества на планетах, где есть нужные для этого условия, может начинаться прямо с органических веществ, попавших туда из Космоса, так сказать, из «полуфабрикатов». Значит, не на всех обитаемых планетах живое вещество

Таким образом, согласно изложенной гипотезе наша планета должна была получить исходные углеродистые соединения уже в самом процессе своего формирования. Наряду с этим и после своего образования Земля как в прошлом, так и сейчас постоянно «подкармливалась» органическими веществами, поступающими на ее поверхность из Космоса вместе с метеоритами и кометным материалом. Однако количество таких органических веществ сравнительно невелико. Основная масса исходных для возникновения жизни органических веществ все же, по-видимому, образовалась на самой земной поверхности уже при формировании земной коры. Очень показательным является то, что и в настоящее время в ряде пунктов земного шара обнаруживается абиогенное образование углеводородов как результат еще незакончившегося по сей день процесса формирования земной коры.

Значительный интерес в этом отношении представляют, например, выделения газа, обнаруженные недавно в Хибинском массиве на Кольском полуострове. Анализ показывает наличие в них метана и более тяжелых углеводородов. Тщательное рассмотрение существующей здесь физико-химической и геологической обстановки определенно говорит в пользу абиогенного происхождения этих газов.

Таким образом, все те данные, которые можно получить путем изучения современных нам космических и геологических явлений, убедительно показывают, что при формировании нашей планеты и в начальные периоды ее существования на ее поверхности образовались значительные количества углеводородов и их производных, явившихся исходным материалом для последующей эволюции органических веществ.

Как можно познать пути этой эволюции? Хотя непосредственные геохимические наблюдения над превращением органических веществ в современных природных условиях вне организмов и представляют в указанном отношении некоторый интерес, их результаты нельзя непосредственно использовать для суждения о ходе абиогенной эволюции органических

прошло все стадии развития. Процесс мог начинаться с полпути и завершаться гораздо быстрее, чем на Земле. Эксперимент, приведший к таким выводам, интересен уже тем, что в нем сравнительно сложный синтез органических веществ осуществлен при крайне низкой температуре, при которой все вещества чрезвычайно инертны и ни в какие реакции не вступают.

НЕОБЫЧНАЯ ФОРМА ЖИЗНИ

Австралийские ученые проделали любопытный эксперимент, создав необычную форму жизни в лабораторных условиях. Вероятно, наиболее подходящий способ

сделать это, рассуждали они, — попытаться заставить какие-либо из существующих на Земле организмов приспособиться к условиям, которые на первый взгляд совершенно исключают жизнь. Один из основных элементов живых организмов — водород, входящий, в частности, в состав воды, имеющейся в тканях. Бактерии поместили в сосуд с тяжелой водой, в молекулах которой место обычных атомов водорода занимает его изотоп — дейтерий с атомным весом 2. Спустя полтора года у трех видов бактерий водород в организме был полностью замещен дейтерием. Пока бактерии не приспособились к новой среде, нормальный

веществ на поверхности еще безжизненной Земли (в так называемую доактуалистическую эпоху ее развития), так как с возникновением жизни произошло принципиальное изменение условий, существовавших когда-то в исходной земной атмосфере и гидросфере.

Эти начальные условия могут быть в основном охарактеризованы следующим:

1. Отсутствие свободного кислорода в доактуалистической атмосфере, что исключало возможность прямого, глубокого окисления восстановленных углеродистых соединений.

2. Обилие коротковолновой ультрафиолетовой радиации, пронизывающей всю атмосферу и достигающей земной поверхности. Это создавало гораздо большие возможности для абиогенных фотохимических процессов, чем те, которые имеют место при более длинноволновой радиации, достигающей поверхности Земли в настоящее время.

3. Отсутствие живых организмов с их современным обменом веществ, быстро вовлекающим в орбиту своего действия разнообразные органические соединения.

Сейчас мы нигде на земной поверхности в природной обстановке не имеем таких условий. Находящийся в современной атмосфере на высоте 30 км озоновый экран преграждает доступ коротковолновой ультрафиолетовой радиации на земную поверхность. Современная атмосфера, верхняя часть почвы и вся гидросфера до самых больших глубин богаты свободным кислородом и густо заселены микробами, которые, поглощая, поедая органические вещества внешней среды, исключают всякую возможность их длительной эволюции, на что указывал еще Чарльз Дарвин в одном из своих писем.

Таким образом, хотя это и может с первого взгляда показаться парадоксальным, нужно признать, что основной причиной невозможности первичного возникновения жизни сейчас в природных условиях является то, что она уже возникла и благодаря этому на земной поверхности произо-

процесс деления клеток в них был разрушен, и на некоторых развивались уродливые образования, но затем все вошло в норму. Любопытно, что новые бактерии потеряли способность вырабатывать красящие пигменты. Они стали альбиносами, но зато могли переносить воздействие больших доз радиации, губительных для обычных бактерий.

■ КОНЦЕПЦИЯ А. И. ОПАРИНА ПОДТВЕРЖДАЕТСЯ

В настоящее время в земных условиях живые системы после отмирания и захоронения в осадках претерпевают де-

струкцию. Конечный результат преобразования этих биогенных веществ в восстановительных условиях — те же органические вещества, которые найдены в составе метеоритов и в продуктах абиогенного синтеза. Органическое вещество горных пород, как мы хорошо знаем, прошло через стадию живого вещества.

Общее сходство органических соединений, образованных абиогенным синтезом из простых исходных веществ, и земных органических соединений биогенной природы, свидетельствует о сходном преобразовании углеродистых соединений независимо от местонахождения их преобра-

шло резкое изменение условий, исключающее возможность сколько-нибудь длительной эволюции органических веществ теми путями, которые были для них открыты в первичную эпоху существования Земли.

Поэтому мы вынуждены строить наши гипотезы об этой предшествовавшей появлению жизни органической эволюции, базируясь главным образом на лабораторных экспериментах, в которых искусственно воссоздаются физические и химические условия, когда-то существовавшие на земной поверхности. При этом мы исходим из того общепринятого убеждения, что химические потенциалы метана или другого органического вещества одинаковы как в прошлом, так и сейчас, как в первичной или вторичной земной атмосфере, так и в современной колбе химика. Сознательно воспроизведя условия доактуалистической эпохи, мы вправе ожидать результатов, на основании которых можно судить о событиях отдаленного прошлого.

Обширные данные солидно обосновывают возможность образования в определенный период существования нашей планеты так называемого первичного бульона, т. е. водного раствора разнообразных органических веществ, в том числе и таких сложных и биологически важных полимеров, как полипептиды и полинуклеотиды, правда, обладавших в противоположность современным белкам лишь весьма упрощенным, случайным порядком расположения мономеров в их полимерных цепях. Конечно, многое в изучении этой стадии эволюции еще остается неясным и требует дальнейших исследований. В частности, можно спорить об общей или локальной концентрации «первичного бульона», о наличии в нем тех или иных соединений и т. д., но в принципе вопрос о первичном абиогенном образовании водного раствора органических веществ на еще безжизненной Земле может считаться решенным.

Гораздо сложнее обстоит дело с третьим, наиболее ответственным этапом эволюции — формированием предбиологических и биологических систем.

зования (в земных условиях или в условиях, родоначальных для метеоритных тел), а также происхождения органических соединений (абиогенного или биогенного).

Это еще раз показывает, что биогенную эволюцию в земных условиях следует рассматривать как часть общего процесса преобразования углеродистых соединений в природе.

В настоящее время нет никаких данных предполагать, что по крайней мере в пределах нашей Солнечной системы существуют какие-либо другие формы жизни, кроме той, которая основана на углеороде.

Все это полностью подтверждает концепцию А. И. Опарина о спонтанном происхождении жизни.

Г. П. Вдовыкин,

кандидат геолого-минералогических наук

■ КАК ПРОИЗОШЕЛ СКАЧОК?

С гипотезой А. И. Опарина в настоящее время трудно согласиться. Наличие аналогов обмена веществ и «естественного отбора» у коацерватов еще не есть доказательство того, что они являются примитивными живыми организмами. Основные свойства всякого живого организма — наличие «копировальной системы», «кода», передающего по наследству все

Жизнь не рассеяна в пространстве подобно веществам «первичного бульона». Она представлена организмами — дискретными системами, пространственно обособленными от окружающей внешней среды, но взаимодействующими с этой средой по типу открытых систем. Устойчивость такого рода систем, длительность их существования определяется не неизменностью — покоем, а, напротив, постоянством превращения веществ, закономерным сочетанием синтеза и распада, в своей совокупности и составляющим так называемый биологический метаболизм.

На основании всех тех данных, которыми мы располагаем сейчас, нельзя допустить возможность непосредственного образования такого рода живых систем в первичном растворе органических веществ путем их простого самоформирования, самосборки. Этого мы не наблюдаем и не можем искусственно воспроизвести не только в отношении целой клетки, но даже и ее отдельных органоидов.

Разрыв, существующий между «первичным бульоном» и наиболее примитивными живыми существами, мог быть заполнен в процессе естественной эволюции только путем длительного развития, постепенного усовершенствования организации каких-то гораздо более простых, чем организмы, «предбиологических систем», действительно способных спонтанно, самопроизвольно, формироваться в «первичном бульоне», выделяясь из него в виде обособленных индивидуальных образований, взаимодействующих, однако, с окружающей их внешней средой как химически, так и энергетически. Такого рода разнообразные самофильтрующиеся системы можно не только представить, но и фактически получить в очень большом количестве. В частности, здесь можно указать на так называемые микросферы С. Фокса или на получаемые нами коацерватные капли. Эти последние представляются нам наиболее удобными, хотя и далеко не единственными возможными моделями для воспроизведения тех явлений, которые имели место в «первичном бульоне».

характерные признаки данной особи. Между тем у коацерватов ничего подобного нет.

Как произошел скачок от неживого к живому, гипотеза А. И. Опарина совершенно не объясняет. Только привлечение основных представлений современной молекулярной биологии, а также кибернетики может помочь решению этой важнейшей, основной проблемы, некоторые пути которого уже намечаются. Важным вопросом является возможность синтеза ДНК в естественных условиях «первобытной» Земли. Удачные попытки синтеза ДНК и РНК (рибонуклеиновая кислота) в лабораторных условиях были

сделаны Корнбергом. Вряд ли, однако, в первобытном океане были те условия, при которых происходил биосинтез ДНК в лаборатории. Впрочем, Саган приводит ряд интересных аргументов в пользу этого утверждения. Решающее слово в этом важнейшем вопросе принадлежит будущим биохимическим и генетическим исследованиям.

И. С. Шкловский,
член-корреспондент АН СССР

■ ОБИТАТЕЛИ СТРАТОСФЕРЫ

Стратосфера на высоте 15—20 км, там, где температура воздуха —55° С, оказалась населенной.

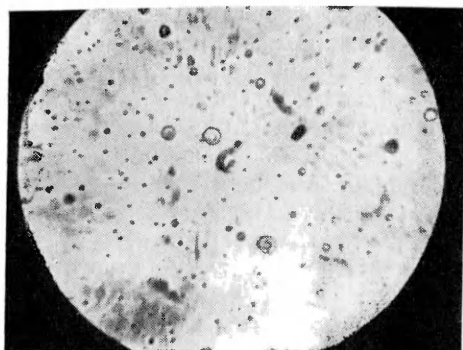


Рис. 1.
Коацерватные капли из поли-А и полили-
зила

Для их формирования не требуется наличия в растворе полимеров, обладающих строго определенной внутримолекулярной организацией, подобных современным белкам или нуклеиновым кислотам. Как показали проведенные нами опыты в Институте биохимии им. А. Н. Баха АН СССР, коацерватные капли образуются и при простом смешивании растворов неспецифически или монотонно построенных полипептидов и полинуклеотидов. Важны лишь размеры молекул. Поэтому при одновременном синтезе указанных полимеров, как только достигается определенная степень полимеризации в исходном растворе, непременно возникают коацерватные капли (рис. 1).

Таким образом, возникновение коацерватов в «первичном бульоне» было прямым следствием образования в нем высокомолекулярных примитивных полимеров. Усовершенствование внутримолекулярной структуры последних в процессе дальнейшей эволюции должно было происходить не просто в растворе, а именно в указанных многомолекулярных системах.

Обнаружено это было сравнительно недавно. В гондоле воздушного шара американские ученые поместили насос, который прокачивал воздух через специальный фильтр. После того как на высоте 15—20 км насос прогнал через фильтр 5,5 тыс. м³ воздуха, на фильтре было найдено около 20 тыс. оранжево-желтых бактерий. На меньших высотах бактерий не встречались. И даже у поверхности земли концентрация таких оранжево-желтых бактерий в 3 раза меньше, чем в стратосфере.

Случайный залет бактерий в стратосферу исключается, так как в отличие от земных микробов, состоящих из самых

различных видов, бактерии в стратосфере оказались принадлежащими строго одному виду. Оранжево-желтая окраска, видимо, свидетельствует, что бактерии могут эффективно использовать ультрафиолетовые лучи, которых особенно много в стратосфере. Но откуда эти «небесные» бактерии получают, например, фосфор для своего организма, остается загадкой.

Повторный полет воздушного шара не принес ни одной бактерии. Неизвестно, означает ли это ошибочность первого эксперимента или же бактерии плавают скоплениями в виде своеобразных «облаков».

Полимеры в коацерватных каплях находятся в очень концентрированном состоянии (50% и более) даже в том случае, когда капли выделились из сильно разбавленного раствора. Вместе с тем капли способны избирательно адсорбировать из окружающего «бульона» разнообразные низкомолекулярные вещества. Если хотя бы некоторые из этих веществ способны каталитически ускорять протекающие в каплях реакции, капли превращаются в открытые системы, специфически взаимодействующие с внешней средой.

В модельных опытах, включая в коацерватные капли разнообразные простые и сложные катализаторы (органические вещества и неорганические соли), мы вызывали реакции оксидо-редукции, синтеза и распада полимеров и т. д. В некоторых случаях в качестве катализатора использовались и ферменты, хотя, конечно, в «первичном бульоне» ферментов не могло быть, но их применение давало нам громадные преимущества в лабораторной работе, и поэтому мы сочли возможным пойти на эту условность.

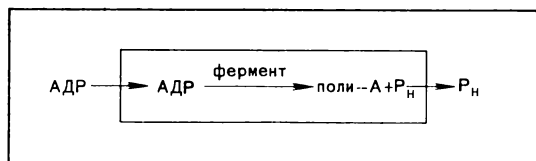


Рис. 2.

Схема синтеза поли-А в коацерватных каплях

В качестве примера приведу схему одного из наших опытов (рис. 2). Изображенная на рисунке прямоугольным контуром капля, состоящая из полинуклеотида и гистона и включающая в себя фермент, плавала в растворе, содержащем АДР. Поступая из внешней среды в каплю, АДР полимеризуется, образуя все новые и новые порции полинуклео-

■ МЫСЛЬ О НЕБЕЛКОВЫХ ФОРМАХ ЖИЗНИ ЛИШЕНА ВСЯКИХ ОСНОВАНИЙ

Три вопроса акад. В. А. Энгельгардту:

1. Возможны ли, по Вашему мнению, небелковые формы жизни?
2. Сейчас часто приходится слышать о «живом» и «неживом» на молекулярном уровне: «живые молекулы», «живой белок» и т. д. Правомерны ли такие эпитеты и в связи с этим каковы, по Вашему мнению, вообще основные признаки живого? Вносят ли новые достижения науки что-либо новое в эти определения?
3. Каковы перспективы искусственного синтеза «живого» и «неживого»?

1. По вопросу о «небелковых» формах жизни. Обязательным атрибутом жизни является обмен веществ. Все реакции обмена веществ протекают под действием ферментов. Все ферменты — белки. Отсюда ясно, что мнение о «небелковых» формах жизни лишено всяческих оснований.

2. Такие выражения, как «живые молекулы», «живой белок» и т. д., я лично в корне считаю неправильными. Жизнь прежде всего характеризуется целой совокупностью признаков: способность к воспроизведению себе подобного, обмен веществ, трансформация энергии, возбудимость и раздражимость и пр. Нет ни-

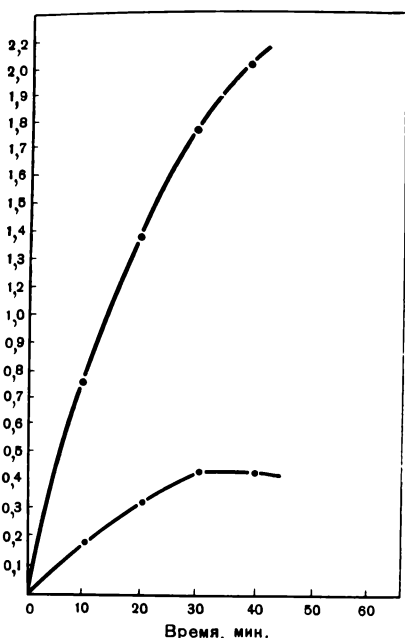


Рис. 3.
 Схема синтеза поли-А полинуклеотидфосфорилазой в присутствии гексокиназы

ских воздействий (например, прибой или ударов волн) наподобие дробления капель эмульсии при ее встряхивании.

Возникавшие при этом дочерние протобионты до известной степени сохраняли постоянный характер своего взаимодействия с внешней средой,

каких оснований допускать, что подобные совокупности свойств могут принадлежать какому-либо одному изолированному типу молекул.

Главнейшим достижением науки о живом мире, в частности молекулярной биологии, является то, что многие из перечисленных отдельных проявлений жизнедеятельности могут быть воспроизведены в предельно упрощенных условиях и системах, приближающихся к молекулярному уровню и иногда сводящихся к участию какого-либо одного типа молекул.

Одновременно следует подчеркнуть, что проведение границы между живым и не-

тида (поли-А). За его счет капля увеличивается в объеме и весе — растет, а во внешнюю среду выделяется неорганический фосфор.

Нами были воспроизведены в коацерватах и более сложные схемы метаболитического потока, в которых сочетались не одна, а несколько разнообразных реакций и происходил более быстрый или относительно медленный рост капель, а в других случаях даже их распад.

Подобные нашим моделям открытые многомoleкулярные системы, наделенные примитивным метаболизмом, должны были легко возникать и в «первичном бульоне» в результате включения в образовавшиеся здесь коацерватные капли разнообразных органических и неорганических катализаторов из внешней среды. Увеличиваясь в объеме и весе, такого рода системы (условно назовем их протобионтами) должны были в условиях «первичного бульона» расти и затем дробиться под влиянием механиче-

ским становится все труднее, и определенность этого разграничения уменьшается. Примером служат вирусы, которые, по выражению Степли, вне живой клетки «мертвы, как камень», а в недрах ее обнаруживают многие черты живого образования.

3. Из сказанного вытекает, что едва ли можно говорить сейчас о синтезе «живого». Свидетельством огромных успехов науки является то, что на путях химического синтеза (или в искусственных неклеточных системах) получены такие важнейшие компоненты живых образований, какими являются белки и нуклеиновые кислоты.

все время адсорбируя из нее определенные катализаторы и таким путем сохраняя постоянно соотношение скоростей и согласованности совершавшихся в них реакций.

Конечно, такое постоянство очень несовершенно по сравнению со способностью к самовоспроизведению современных организмов. Но на этой основе уже могло возникнуть, так сказать, «соревнование» протобионтов на скорость роста и размножения и их своеобразный «предбиологический отбор».

Нам даже до известной степени удалось продемонстрировать возможность такого «отбора» на модельных опытах с коацерватами. Для этого в одни капли включался комплекс катализаторов, ведущий в данных условиях внешней среды к сравнительно быстрому синтезу полимеров и разрастанию всей системы в целом. Напротив, в других каплях этот каталитический комплекс был менее совершенным. На рис. 3 видно, как первый сорт капель быстро растет, а второй сорт угнетается в своем росте.

Сравнительное биохимическое изучение обмена веществ у наиболее примитивных современных организмов позволяет нам до известной степени представить себе последовательный ход того эволюционного развития, который произошел в результате «предбиологического отбора» на пути к возникновению жизни.

Конечно, между нашими моделями и даже наиболее примитивными живыми существами пока еще лежит пропасть, и именно заполнение этой пропасти должно составлять главное содержание той перспективной работы над проблемой происхождения жизни, которая должна развернуться в ближайшее время.

В природных условиях для формирования основ биологического обмена веществ и клеточной структуры в процессе развития жизни потребовались многие и многие сотни миллионов лет, может быть, значительно больше половины всего того времени, в течение которого жизнь существует на Земле. Если мы ясно представим себе всю грандиозность этой эволюции, то какими до смешного наивными покажутся нам сейчас те еще недавно имевшие место безнадежные попытки искусственно воспроизвести внезапное самозарождение жизни в гниющих отварах и настоях органических веществ. Только познав пути, которыми формировались живые существа в процессе эволюции материи у нас на Земле, мы будем в состоянии их воспроизвести искусственно, конечно, не тем пзвилистым и медленным путем, которым шла природа, а в относительно короткие сроки, сознательно подбирая в наших лабораториях нужные условия и необходимую последовательность явлений, подменяя естественный отбор направленным сочетанием веществ, систем и процессов. Этот путь надежно ведет нас к осуществлению заветной мечты человечества — к искусственному синтезу жизни.

О том, что предшествовало жизни

Д. БЕРНАЛ.
профессор (Англия)

При обсуждении проблемы возникновения жизни нельзя получить непосредственных данных, а сравнительные исследования в настоящее время невозможны. Мы надеемся, однако, что такая возможность появится в ближайшем будущем, когда космические полеты человека позволят обнаружить иные формы жизни.

Являются ли существующие на Земле формы жизни случайными или необходимыми? Иными словами: если на других небесных телах будет найдена жизнь, то будет ли она отличаться от тех ее форм, которые мы встречаем на Земле? В настоящее время у нас нет оснований ожидать идентичности форм жизни на Земле и на других небесных телах. В то же время мы достаточно много знаем о химии элементов периодической системы, знаем, что других элементов не существует; поэтому нет оснований ожидать открытия каких-либо форм жизни, построенных из совершенно других элементов. Это следует, во-первых, из того, что жизнь на Земле основана на самых распространенных элементах, встречающихся и на Солнце, и на звездах; а во-вторых, из квантовых расчетов энергетического обмена таких атомов, как кремний и мышьяк, расчетов, показавших возможность легкого осуществления на их основе ферментативных реакций, характерных для земных форм жизни.

Мы не касаемся вопроса о том, возникла ли жизнь самопроизвольно. Мы хотим не доказать самый факт возникновения жизни, а показать, как это произошло. Среди возможных путей возникновения жизни мы хотим выделить один, истинный. Гипотеза Опарина — Холдейна вывела эту проблему из сферы чистых спекуляций. Началась экспериментальная работа по синтезам, однако, хотя подобные исследования и имеют важное значение для химии, необходимо доказать, что эти синтезы имеют место в условиях, подобных тем, в которых, как есть основания считать, возникала жизнь. В этой связи я хочу отметить, что наша экспериментальная работа, имея самостоятельное значение, может в то же время не иметь отношения к вопросу о возникновении жизни.

Синтетический подход к проблеме возникновения жизни требует определенной вероятности наличия тех соединений, из которых возникла жизнь, и тех условий, при которых это произошло. Так как мы не ограничены ныне вопросом о возникновении жизни на Земле, а рассматриваем проблему возникновения жизни в общем виде как проблему возникновения предбиологических форм сложных соединений углерода и азота, необходимо учитывать еще и специальные вопросы астрофизики звезд и туманностей.

Любая обоснованная теория возникновения жизни должна объяснить существование не только соединений, встречающихся в современных

организмах, но и соединений углерода, обнаруживаемых в метеоритах и в изверженных горных породах.

Мы должны разрешить и другой вопрос: являются ли эти две линии доказательств сопоставимыми? Иными словами, действительно ли соединения углерода, найденные в метеоритах, сходны с соединениями, найденными на Земле и возникшими, как можно полагать, в результате жизнедеятельности организмов?

Углистая фракция метеоритов состоит из весьма трудно поддающихся анализу веществ с высоким молекулярным весом; к ним неприменимы методы, разработанные для изучения органических соединений биологического происхождения, образовавшихся на Земле. Возможно, этот материал представляет собой просто аморфную массу, состоящую из углерода, азота, водорода и кислорода, такую, как, например, древесный уголь. Он может существовать в первичной и вторичной формах. Первичная форма, найденная в метеоритах, возможно, связана с силикатами, гидратированными при сравнительно низких температурах. Однако эти структуры найдены в метеоритах в сопровождении сравнительно высокотемпературных форм.

Существуют альтернативные теории возникновения углистых хондритов. Мюллер развивает идею их вулканического происхождения. Я поддержал эту теорию, предложив такой механизм образования астероида, согласно которому углистые хондриты происходят из промежуточного слоя, где они могли образоваться при умеренных температурах и в конечном итоге были выброшены вулканическими процессами. Другая теория, решительно поддерживаемая Вудом, сводится к тому, что углистые хондриты являются образцами первичного вещества и сконденсировались из пылевого облака, окружавшего образовавшееся ранее Солнце: первичные частицы пыли были расплавлены ударной волной, а затем быстро охлаждены. Это подтверждается стекловидной природой небольших хондритов. Возраст их составляет приблизительно 4,2 млрд. лет; наличие

■ ЖИЗНЬ МОЖЕТ ИМЕТЬ ИСКУССТВЕННОЕ ПРОИСХОЖДЕНИЕ

В связи с возможностью синтеза живого вещества (не обязательно разумного) из неживого возникает большое количество острых проблем. Остановимся, например, на таком вопросе. Коль скоро не существует принципиального различия между жизнью естественной и жизнью искусственной, нельзя исключить возможность того, что жизнь на некоторых планетах может иметь искусственное происхождение.

Так, например, небезынтересно в поряд-

ке гипотезы обсудить возможность занесения живых спор и микроорганизмов во время посещения безжизненной планеты недостаточно стерилизованным инопланетным космическим кораблем. Можно также высказать гипотезу гораздо более радикального свойства: жизнь на некоторых планетах могла возникнуть как результат сознательного эксперимента высокоорганизованных космонавтов, некогда посетивших эти планеты, которые в те времена были безжизненны. Можно даже предположить, что подобное «насаждение жизни», так сказать, «в плановом порядке» является нормальной практикой высокоразвитых цивилизаций, раз-

сравнительно больших количеств ксенона-128, образовавшегося из йода-128 — радиоактивного элемента с коротким периодом полураспада, указывает на то, что образование хондритов из пылевого облака, окружающего Солнце, продолжалось несколько миллионов лет.

Хондры включены в основное вещество, содержащее углистый материал и силикаты, которые, по данным Керриджа, аналогичны серпентинам. Некоторые из них содержат кристаллизационную воду, обогащенную дейтерием.

Согласно последним данным Вуда, содержание ксенона во всем хондрите меньше, чем в хондрах; следовательно, промежуточный материал значительно моложе. Многие хондриты, в частности не содержащие углерода или содержащие его в малых количествах, обнаруживают следы последующих метаморфизмов в ахондриты с офитовой структурой. Ясно, однако, что углистое вещество с гидратированными силикатами после своего образования уже не подвергалось действию температур выше 150°, так как и органическое вещество, и гидратированные силикаты разлагаются при таких температурах.

Теория образования хондритов из расплавленной пыли может оказаться совместимой с вулканической теорией, если принять, что хондриты с большим количеством углистого вещества составляли поверхность астероида, которая никогда не нагревалась и содержала смесь веществ, захваченных при образовании астероида и попавших на нее позже в форме вулканической пыли. Эта проблема, вероятно, сможет быть разрешена сравнительно скоро, как только мы получим образцы почвы с поверхности Луны и образцы метеоритной пыли, в особенности из серебристых облаков.

Вопрос об углистом материале метеоритов связан с различными гипотезами возникновения жизни. На основе изучения углеводородных фракций Надь и Меншайн утверждают, что углерод метеоритов имеет биогенное происхождение и что, следовательно, на астероидах, являющихся

бросанных в просторах Вселенной. Вместо того чтобы пассивно ожидать «естественного», самопроизвольного возникновения жизни на подходящей планете — процесса, возможно, весьма маловероятного, высокоразвитые галактические цивилизации как бы планомерно сеют посевы жизни во Вселенной...

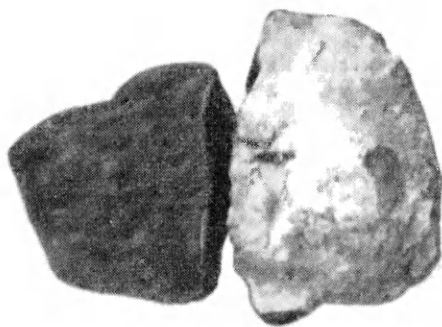
Если это так, то вероятность обитаемости планетных систем в Галактике может быть увеличена на много порядков. Наконец, чтобы быть последовательным, нужно еще учитывать возможность заселения планет, на которых существуют подходящие условия, разумными существ-

вами — искусственными или естественными.

Разумеется, сделанные предположения носят самый общий характер. Мы далеки от утверждения, что имеются какие бы то ни было конкретные научные аргументы в пользу вывода, что жизнь на Земле, тем более разумная жизнь, имеет искусственное происхождение. Наша цель — обратить внимание на возможность такого явления в масштабах Вселенной и на те следствия, которые из него вытекают.

И. С. Шкловский,
член-корреспондент АН СССР

Метеорит Старое Борискино черного цвета (углистый хондрит) и белый метеорит Старое Песчаное



родительскими телами этих метеоритов, существовала жизнь. Это весьма спорный вопрос, во-первых, потому, что трудно интерпретировать результаты анализов, а во-вторых, потому, что крайне трудно объяснить возникновение жизни на небесных телах, вероятно, не имевших гидросферы. Однако здесь нет необходимости подробно обсуждать эти вопросы; для нас важен тот факт, что в метеоритах содержатся сложные природные органические вещества, вплоть до пуринов и пиримидинов. И уже самый факт их наличия в метеоритах требует существенного изменения первоначальной гипотезы Опарина — Холдейна в той ее части, которая касается первичного образования углистых соединений.

Новая гипотеза возникновения углистых соединений, которую я выдвигаю, состоит в том, что сначала происходила конденсация низкотемпературных газов на поверхности металлического железа и силикатной пыли. Эти соединения, вероятно, состояли главным образом из льда, а также — при более низких температурах — из аммиака, метана или радикалов CN_2 . При небольшом повышении температуры (вследствие

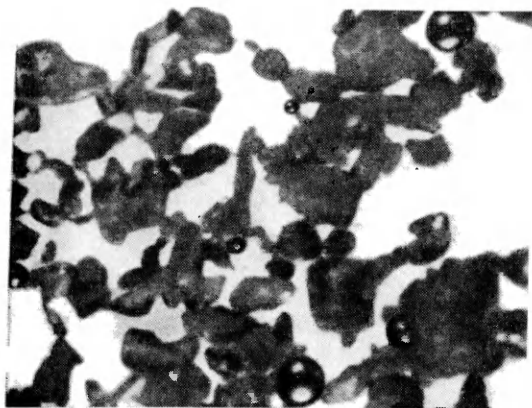
■ ОБМЕН ЖИЗНЬЮ МЕЖДУ ГАЛАКТИКАМИ

В последнее время чаще, чем прежде, говорят о возможности переселения человечества на планету другой звезды. Имеется в виду, что это может произойти, когда энергоотдача нашего Солнца станет слишком низкой. Дискуссии о полетах к другим звездам (и обратно!) опираются на современные успехи космонавтики и парадоксы теории относительности. Я не разделяю мнения оптимистов: слишком далеки пригодные для «хорошей» жизни планеты других солнечных систем. Да и сама идея переселе-

ния человечества ничего принципиально не решает, так как запасы энергии любой звезды и в нашей и в соседних галактиках все равно ограничены.

Однако мне хочется указать на вероятно давно уже происходящие переселения живых существ из одной галактики в другую и при этом без всяких усилий с их стороны.

В процессе изучения звездных движений было выяснено, что в нашей Галактике отдельные звезды имеют гиперболические скорости, достигающие нескольких сотен километров в секунду. Это смутило астрономов, так как такие звезды не могут обращаться вокруг центра Галак-



Частицы метеоритной пыли, найденные в районе падения Сихотэ-Алинского метеорита

проникновения солнечного света сквозь первичные облака пыли) они испарялись бы, хотя и не полностью, о чем свидетельствует факт обнаружения льда в ночных серебристых облаках. Кроме того, в некоторых случаях небольшая часть материала могла полимеризоваться за счет действия излучения, источником которого служили вспышки на Солнце или космические лучи. Такой полимерный материал, обладающий высоким молекулярным весом, уже не испарялся вместе со льдом и конденсированными газами. Эти предположения находят подтверждение в данных Дюшени, обнаружившего свободные радикалы в углистых метеоритах. Кроме того, предложенная гипотеза согласуется с тем, что известно о строении этих метеоритов. Они состоят главным образом из очень старых оливинов, образовавшихся при высоких температурах, или энстатитовых хондр, расположенных в более мягком основном веществе, из углистого материала и гидратированных силикатов. Обнаруженное в них коли-

тики. Притяжение Галактики не может их удерживать, и они должны навсегда улететь из нашей звездной системы. Впрочем, неясно и то, как они приобрели такую скорость.

Более 10 лет назад я предложил следующее возможное объяснение. На периферии галактик, в особенности карликовых, даже умеренные возмущения способны так увеличивать скорость звезды, что звезда отрывается от системы и, странствуя, может влететь в другую галактику. Она будет сохранять в придачу к своей скорости относительно своей галактики скорость этой галактики в целом (а ведь относительные скорости галактик состав-

ляют сотни километров в секунду!). В результате звезда способна влететь в другую галактику со скоростью, являющейся для последней гиперболической. Увеличению скорости звезды будет содействовать притяжение галактики, в которую она влетела.

Когда в 1957 г. были открыты взаимодействующие галактики с сильным возмущением форм (и движений в них!), имеющие общую оболочку, я писал, что в них возможен частичный обмен веществом, т. е. звездами. Позже к этой мысли пришли и американские астрономы супруги Бербидж, изучавшие распределение яркости в двух взаимодействующих эллип-

чество дейтерия, в 4 раза превышающее его содержание на Земле в настоящее время, показывает, что они являются остатками гидратной оболочки, и свидетельствует о длительном периоде селективного испарения воды и концентрирования дейтерия.

В настоящее время быстро накапливаются фактические данные в пользу только что высказанных представлений. Данные эти получены при изучении метеоритной пыли, найденной в красноцветных глинах на дне океана и во льдах Арктики и Антарктики или собранной на океанических островах, как это было сделано Паркином. Представляется, что во всех случаях исходные частицы состоят из железо-никелевого ядра, которое может окисляться в основном до магнетита под действием атмосферных газов или морской воды; в то же время частицы меньшего размера могут медленно опускаться до уровня моря, не подвергаясь окислению. Они имеют, по-видимому, органическую кору, способную к окислению. Последующие исследования позволили изучить эту пыль *in situ* в ночных серебристых облаках; это было осуществлено совместной шведско-американской экспедицией летом 1962 г.

Сами облака, вероятно, состоят в основном из мелких частиц льда. Каждая частица имеет ядро — мельчайшее сферическое тело, представляющее собой частицу космической пыли диаметром 0,05—0,5 мк. Однако до сих пор углерод в этих частицах обнаружить не удалось.

Подобного рода исследования, несомненно, прольют свет на вопрос о возможности космического происхождения гипотетического вещества, которое ранее называли первичным бульоном, и первых источников свободной энергии, необходимой для дальнейших химических превращений, приведших к возникновению жизни.

Имеется гораздо большая вероятность образования таких соединений на субстрате, поверхность которого значительно превосходит его массу; это вполне может заменить представления об образовании достаточных количеств первичных соединений углерода на поверхности таких планет,

тических галактиках, проникающих друг в друга. В тесных парах взаимодействующих галактик особенно много звезд могут попасть из одной галактики в другую. Среди звезд могут оказаться и такие, которые обладают планетами. В свою очередь на некоторых из этих планет могут существовать те или иные формы жизни.

Взаимодействующие галактики иногда проникают друг в друга. Звезды одной галактики могут быть удалены от звезд другой на расстояния, скажем, 1000 парсек. При относительной скорости 1000 км/сек путешествие на такое расстояние займет около 10^7 лет, т. е. в 100

раз меньше возраста жизни на Земле. Даже при менее благоприятных условиях «подневольное» переселение обитаемой планеты в другую галактику вполне возможно. Однако если не иметь в виду интенсивность космических лучей, то такое «переселение» ничего не изменит в условиях на данной планете, поскольку она будет по-прежнему обращаться вокруг все той же своей звезды — своего солнца. Тем не менее возможность таких случаев весьма любопытна и до сих пор не приходила в голову даже писателям-фантастам.

Б. А. Воронцов-Вельяминов,
профессор

как Земля, вне зависимости от превращений богатой углеродом примитивной восстановительной атмосферы. Согласно метеоритной теории, небольшие планеты, в том числе Земля, образовались в результате накопления хондриитных тел. Представляется вероятным, что соединения углерода, найденные позже на поверхности Земли — именно из них, согласно теории, начала развиваться жизнь, — составляют всего лишь небольшую вышедшую на поверхность Земли часть вещества, первоначально составившего ее массу.

Причина, по которой я склонен придавать метеоритам такое большое значение в построении теории возникновения жизни (хотя они совершенно не принимались в расчет более ранними теориями), состоит в том, что в метеоритах содержатся единственные известные нам примитивные соединения углерода. То, что мы знаем об обновлении поверхности Земли в результате перемещения континентов, образования гор и океанских впадин, указывает на невозможность непосредственного сравнения образовавшихся соединений с теми, которые, как мы считаем, образовались в сравнительно изолированных условиях в других частях Солнечной системы, возраст которых известен.

На первый взгляд представляется, что перенесение первых стадий возникновения жизни с Земли в космическое пространство приведет к резким различиям в химических теориях ее эволюции. На деле, однако, это различие много меньше, чем можно было ожидать. С одной стороны, состав «первичного бульона», образовавшегося в результате фотосинтетических процессов в первичной атмосфере, в высшей степени гипотетичен. С другой стороны, опыты Миллера и других авторов показали, что одни и те же соединения могут образовываться в результате большого числа процессов из весьма разнообразных исходных элементов. Основной чертой этих соединений является то, что все они в биохимическом смысле абиотические, все они образуются без участия ферментов. В крайнем случае, необходимы очень простые неспецифичные катализаторы, такие, как комплексы железа и никеля.

■ НА ПУТИ К ПОЗНАНИЮ ПРИРОДЫ ЖИЗНИ

Область изучения живого мира чрезвычайно многообразна. Но ясно, что в центре внимания стоит один вопрос — о природе жизни. Что же такое жизнь, каковы наиболее многообещающие пути к познанию ее природы и закономерностей? Ответ на этот вопрос дает само развитие современной биологической науки, в которой все большее значение приобретают исследования сложнейших явлений в простых условиях. Изучить явления, типичные для живых организмов, исследуя объекты, лишенные жизни или лежащие

на границе между живым и неживым, — это стремление лежит в основе самого молодого и наиболее бурно развивающегося направления биологической науки, получившего название молекулярной биологии.

Возникновение этой области биологии связано с тем, что оказалось возможным на очень простых системах (вплоть до молекулярного уровня) воспроизводить важнейшие проявления жизнедеятельности — процессы дыхания, движения, восприятия света, размножения. Все это удастся сделать, правда, порознь, в различных условиях химического и физического эксперимента, в ходе которого хи-

Возникновение организмов, т. е. окончание второй стадии генезиса жизни, вряд ли может быть понято без большой экспериментальной работы, в том числе без исследований в области физической и коллоидной химии. Только на таком пути мы сможем выяснить, как в действительности протекали начальные этапы жизни задолго до возникновения организмов, в частности, требовали ли они, как я предположил в свое время, наличия молекулярных слоев, адсорбированных на частицах глины или вкрапленных в глину или в кристаллы гидроокиси железа.

Изучая микроструктуры живых организмов, мы можем получить указания на их происхождение. С одной стороны, при этом, вероятно, удастся выявить некоторые общие принципы, регулирующие не только жизнь на Земле, но и жизнь при иных условиях. С другой стороны, можно выявить особенности, характерные именно для земной жизни.

Общий философский вопрос, возникающий при анализе данных современной молекулярной биологии, состоит в том, что почти все структуры или функции являются результатом того, что может быть названо предписанием. Цепь ДНК не содержит ничего, что можно было бы назвать описанием структуры, которая должна быть создана, или активности, которая должна проявиться; шаблоны специфического поведения, по-видимому, генетически встроены в организм животного. Они возникают в результате получения определенных инструкций, и конечный результат заложен в этих инструкциях, которые должны реализоваться в результате целой серии косвенных сдвигов. Согласно нашему антроморфистскому или, точнее говоря, техноморфистскому взгляду на вещи создаваемый объект или свойственная ему функция рассматриваются как созданные предварительно. Люди работают по плану: даже если лицо, выполняющее данную инструкцию, не представляет себе полностью весь план, оно все же знает, что кто-то этот план составил. Очевидно, в природе все идет иначе. В строгом смысле слова природа не «творит», хотя в более глубоком смысле, может быть, это и так. Действительно, рассмат-

мики анализируют вещество, физики изучают и устанавливают его физическую структуру и свойства, а биологи в союзе с ними наблюдают за тем, как это вещество осуществляет те или иные биологические функции. Отсюда реальный путь к получению искусственным путем живых образований и простейших форм жизни. Но здесь мы, разумеется, прежде всего должны твердо условиться, что понимать под определением «живое». Если взять один какой-нибудь признак жизни — например, способность размножаться, — то можно сказать, что за последние годы молекулярная биология уже вплотную подошла к этому рубежу.

Оказалось возможным поместить некоторые виды молекул в пробирку, добавить необходимые химические вещества, некоторые биологические катализаторы-ферменты и затем наблюдать, как эти молекулы начнут размножаться. Если мы внесем тысячу молекул, то спустя некоторое время в нашей пробирке окажутся многие миллиарды таких молекул и даже больше. Так что размножение молекул удастся воспроизвести, но мы не можем сказать, что эти молекулы живые. Аналогичным образом можно заставить молекулу нашей крови — гемоглобин — присоединять и отдавать кислород, и мы будем видеть, как молекула осуществляет

ривая во всей полноте проблему самоэволюции химических или структурных механизмов, на которых базируется жизнь, мы приходим к выводу, что эти механизмы не могли предсуществовать заранее в виде некой идеи.

Мы должны изучить, каким образом инструкция изменяется в процессе создания окончательного организма. Вопрос о возможности наследования приобретенных признаков, очевидно, необходимо пересмотреть заново в свете последних данных в области молекулярной биологии, причем вполне возможно, что он окажется бессмысленным.

Идея инструкции может оказаться плодотворной в применении к проблеме эволюции, особенно к проблеме биохимической эволюции на ранних стадиях преджизни и жизни. При взаимодействии молекул в среде, в которой сообщение между отдельными частями системы затруднено, цепь процессов, начавшаяся с какого-то случайного события, может создавать условия, способные оказывать влияние на все реагирующие молекулы. Применяя эту молекулярную аналогию к дарвиновской концепции выживания наиболее приспособленных организмов, можно сказать, что те процессы, которые приводят к экономии материала или свободной энергии, будут преобладать (принцип Горовица). Это позволит нам в какой-то степени понять и оценить те границы, в которых возможно существование и развитие жизни.

Опасно пытаться делать обобщения на основании одного примера. Это утверждение справедливо и для жизни на Земле, хотя она и изучена весьма обстоятельно. Очевидно, однако, что все самовоспроизводящиеся системы имеют некоторые общие химические свойства. Они должны постоянно поддерживать свою активность или, во всяком случае, каким-то образом противостоять ее быстрым изменениям. Иными словами, они должны удовлетворять законам, справедливым для термодинамической открытой системы, энтропия которой остается приблизительно постоянной благодаря подводу свободной энергии. Необходимым условием являет-

ет этот процесс, как она при этом изменяется. Мы говорим, что молекула дышит. Но можем ли мы сказать, что эта молекула живая? Едва ли. Жизнь — это очень сложная совокупность большого числа признаков и свойств, воспроизвести которые все на одном объекте нам пока не удастся. Но то, что мы к этому приближаемся во все возрастающей степени, — это несомненно.

Успехи молекулярной биологии за последние годы настолько превосходят все, что можно было ожидать двадцать лет тому назад, что позволяют думать, что самые трудные цели являются достижениями.

В области изучения живых объектов наибольшее внимание исследователей сейчас привлекают два рода веществ — белки и нуклеиновые кислоты. Из белков построена вся масса нашего тела, а нуклеиновые кислоты, как известно, тесно связаны с явлениями наследственности и синтезом белка в организме. Хотя исследования в этой области начались совсем недавно, здесь уже достигнуты крупные успехи. Двадцать лет назад вряд ли кто-либо предполагал, что химикам удастся синтезировать белковую молекулу, а сегодня это делается; двадцать лет назад мы очень мало знали о нуклеиновых

ся, далее, сохранение и воспроизведение структуры путем молекулярной репродукции, также необходимой для создания любой структуры, способной образоваться самопроизвольно путем модификаций или кристаллизации. Это в свою очередь подразумевает копирование информации (вариации допускаются лишь изредка), хранение информации и механизм ее передачи. Геометрические соображения заставляют предполагать, что передача информации происходит при помощи полимерной цепи, т. е. носит в основном линейный характер. У земных форм жизни передача информации осуществляется с помощью нуклеиновых кислот. Возможно, что у других форм жизни эту роль будут выполнять другие полимеры, например такие, в которых связь между двумя основаниями, содержащими фосфор, осуществляется не через посредство фосфата.

Высказанные соображения заставляют усомниться в том, что существует лишь один-единственный путь возникновения жизни. Мы можем определить жизнь как форму динамической реализации квантовых характеристик атомов. Все формы жизни на Земле едины в химическом отношении, но бесконечно разнообразны по своей морфологии и проявлениям. Жизнь непрерывна генетически, и, по-видимому, она существовала в течение большей части истории Земли. Жизнь самоподдерживается и самоизменяется. Возможно (хотя доказать этого нельзя), что жизнь в той форме, в какой она существует на Земле, возникла после вымирания или смешения различных дожизненных форм. Если это так, то это происходило на очень ранней стадии. Однако это в свою очередь вовсе не означает неизменности жизни во Вселенной: вероятно, существуют иные, совершенно отличные формы. Я хочу подчеркнуть, что, говоря о других формах, я не имею в виду различия между организмами одной филогенетической группы или различия между филогенетическими группами организмов на Земле; речь идет о различиях в особенностях, общих для всех типов организмов вообще,— я имею в виду наличие нуклеиновых кислот, белков, ферментов и др.

кислотах, а сегодня уже выяснены тонкие черты строения их некоторых видов. Большая роль в развитии этой области биологической науки принадлежит советским ученым. Так, например, они не только установили строение молекулы нуклеиновой кислоты — оказалось возможным разрезать ее на две части, пополам, и убедиться, что она при этом, конечно, утратила свои свойства.

А затем оказалось возможным снова привести эти две части в соприкосновение и при определенных условиях установить, что у «сшитой» молекулы при этом восстанавливаются некоторые из ее прежних нормальных свойств.

Что даст эта своего рода хирургия на уровне молекул? Здесь открываются возможности совершенно новых подходов к решению тонких и сложных задач, касающихся механизма синтеза белков и передачи наследственной информации, однако окончательный ответ на этот вопрос еще принадлежит будущим исследованиям.

Пока можно лишь сказать, что эти работы привлекли большое внимание ученых и опережают то, что сделано в других странах.

В. А. Энгельгардт,
академик

Характер жизни на Земле определяется свойствами гидросферы. Биосфера, являющаяся частью гидросферы, в определенный период приобретает те особенности, которые она сохраняет до настоящего времени. Радиально новые формы жизни могут теперь возникнуть на Земле только в лабораториях.

Возникновение принципиально отличных друг от друга форм жизни возможно только в отдельных, не сообщающихся между собой биосферах. Такие формы жизни могут развиваться на ограниченном числе планет в нашей или в иных солнечных системах. Из физико-химических соображений следует, что всякая возможная форма жизни требует наличия жидкой водной среды; это означает, что биосфера любой планеты будет развиваться как часть гидросферы. Следовательно, подходящим местом для развития жизни могут служить только планеты, обладающие гидросферой. Отсюда средняя температура излучения должна лежать в пределах между 0 и 100°, точнее, вероятно, между 20 и 60°, а притяжение должно быть достаточно большим, чтобы вода не диссипировала с поверхности планеты в окружающее пространство. Иными словами, при данной температуре средняя скорость движения молекулы воды должна быть ниже скорости ее испарения. Следовательно, в пределах нашей солнечной системы жизнь возможна только на Земле и на Марсе. На Венере слишком жарко, а Луна слишком мала.

При расширении этой аналогии земная жизнь может рассматриваться как одно сообщество: все живые системы, его составляющие, имеют общее происхождение и распространены только на Земле. На других планетах, если на них вообще имеется жизнь, будут развиваться совсем иные сообщества, которые в принципе не могут смешиваться с земными.

Тем не менее вполне возможны некоторые общие черты, которые я называю общими свойствами жизни. Все это войдет в систему гипотетической общей или инвариантной биологии, границы которой нам еще предстоит определить. Будет, вероятно, столько же биологий, сколько существует отдельных сообществ жизни. Может быть, это разделение не всегда будет столь абсолютным, а может и не существовать вовсе там,

достигнута связь между планетными системами. В этом случае возможна конкуренция между сообществами, а также, по-видимому, некоторое их смешение и адаптация. Мы можем представить себе какую-то «верхнюю жизнь», полученную в результате сочетания лучшего, что имеют различные сообщества.

Жизнь и мышление как особые формы существования материи

А. Н. КОЛМОГОРОВ,
академик

Если внимательно проанализировать построение статьи А. И. Опарина «Жизнь» в Большой советской энциклопедии, то легко обнаружить, что основные свойства жизни как особого способа организации материи, описанные в статье, допускают формулировку, абстрагированную от конкретной природы элементарных физических (в частности, химических) процессов, лежащих в ее основе:

а) «Любой организм живет, существует только до тех пор, пока через него непрерывным потоком проносятся все новые и новые частицы вещества и присущая ему энергия». Поступающее в организм вещество подвергается глубоким изменениям, приобретая строение, подобное строению вещества, уже ранее входившего в состав живого тела. «Специфическим для живой материи» является то, что эти превращения вещества «определенным образом организованы во времени, согласованы между собой в целостную систему... и в своей совокупности направлены на постоянное самовосстановление и самосохранение всего живого организма...»

б) «Углубленное изучение... привело к выводу, что указанный порядок не есть что-то внешнее, независимое от живого тела (как утверждают идеалисты); напротив, мы в настоящее время... знаем, что скорость, направленность и взаимосвязь отдельных» процессов, протекающих в организме, т. е. «все то, из чего складывается разбираемый порядок», целиком определяется «теми отношениями, которые создаются в живом теле, в его единстве с условиями окружающей среды».

в) «Наиболее очевидным» из других простейших качеств живых тел «является присущая живым телам способность к самовоспроизведению». Самовоспроизведение живых организмов не сводится к размножению составляющих их более простых структур. Эти более простые структуры могут образоваться в организме закономерным образом вновь. «Лежащая в основе этого новообразования последовательность» процессов «зависит не от одного какого-либо единичного фактора, а отражает собой всю организацию» данного живого тела в его «взаимодействии с внешней средой».

г) «...Раздражимость как особая форма связи организма с условиями внешней среды присуща всему живому, в том числе и наиболее примитивным живым существам».

д) «Наряду с ростом, раздражимостью и другими проявлениями жизни способность размножаться... составляет одно из основных свойств живых тел».

е) «...Прогресс материальной организации жизни заключается... во все возрастающей дифференциации живого тела на части и обособлении этих частей в группы или органы с различными ...функциями».

ж) «В наследственности закреплен опыт истории всех предшествующих поколений. Наследственность и изменчивость принадлежат к числу тех «особенностей жизни», которые «приобрели решающее значение для всего последующего развития органического мира...»

Этот ряд утверждений А. И. Опарина может служить солидной основой для определения жизни, абстрагированного от конкретной природы элементарных физических процессов, специфическая организация которых дает нам основание называть их целостное системное протекание явлениями жизни.

Кибернетик в «опыте истории всех предшествующих поколений», «раздражимости» и т. п. легко узнает конкретные биологические формы проявления известных ему общих понятий накопления и хранения информации, обратной связи и т. д.

Мы выделили этот абстрактный ряд логических построений А. И. Опарина, быть может, вопреки желанию автора. Для этого нам пришлось, прерывая точное течение цитат, заменить некоторые конкретные термины более общими; например, химические превращения — изменением строения вещества вообще и т. д. В остальном наше изложение следует ходу мысли А. И. Опарина достаточно точно.

В действительности, нам пока известен лишь мир живых существ, населяющих Землю, имеющий общую историю возникновения и развития. При всей грандиозности его масштабов это единичное явление, протекавшее и протекающее в определенном месте и определенном промежутке времени. До недавних лет вопрос о том, является ли слово «жизнь» индивидуальным именем этого объединенного общей историей мира земных живых существ или оно выражает общее понятие, относящееся к неограниченному числу систем живых существ, возникших и развивавшихся независимо в совершенно различных условиях, являлся по существу достаточно праздным. Мне кажется, что А. И. Опарин проявил большую мудрость, построив свою статью так, что общая декларация:

■ К ВОПРОСУ О СУЩНОСТИ ЖИЗНИ

Я согласен с некоторыми исходными положениями А. Н. Колмогорова. Вот эти подожения:

1) где-то во Вселенной жизнь возможна в каких-то других, неизвестных нам формах,

2) человек, может быть, когда-нибудь научится создавать живое, и, возможно, он использует для этого материал, существенно отличный от того, из которого построены известные в природе живые тела.

Исходя из сделанных предположений, целесообразно попытаться найти такое

определение жизни, которое не включало бы в себя данных о химическом составе и строении известных нам живых тел. Следует иметь в виду, однако, что не все логически возможное может существовать. Никем не доказано, что жизнь возможна при существенно ином химическом составе, чем тот, который ей свойствен в земной действительности. Нам очень трудно себе представить жизнь, в основе которой не лежали бы физические и химические свойства белков и нуклеиновых кислот, которая была бы свойственна системам, лишенным воды или не имеющим коллоидно-кристаллического строения.

«Жизнь — особая форма движения материи, возникающая на определенном этапе исторического развития материи и представленная на нашей планете громадным числом отдельных индивидуальных систем — организмов» — не получила никакого развития в дальнейшем изложении. Что же касается реально существующей на Земле жизни, то в применении к ней безусловно правильно указание А. И. Опарина, что «все последующее развитие биологии блестяще подтвердило» положение Энгельса, «характеризующее белковые тела как материальный носитель жизни...»

Подчеркивание единства общих физико-химических основ строения всех земных живых существ, а также единства истории реально развившегося на Земле органического мира сыграло большую прогрессивную роль в развитии биологии. Достаточно вспомнить, что примитивные представления о возможности «самозарождения» живых существ в неживой материи, минуя всю сложнейшую историю органической эволюции, приходилось опровергать еще не в столь давнее время. Поэтому определения жизни, заключавшиеся по существу в сжатом описании основных черт единственной известной нам формы жизни, были до недавнего времени прогрессивны.

Точно так же обстоит дело до недавнего времени и с понятием мышления. Фактически нам известно только мышление человека и «элементарное, конкретное мышление» (И. П. Павлов) высших животных, представляющее собою деятельность мозга.

Однако сейчас положение изменилось в силу двух вполне реальных обстоятельств. Первым из них является то, что в век космонавтики возникает реальная возможность встречи с новыми формами движения материи, обладающими основными важными для нас практически свойствами живых или мыслящих существ. Вторым таким обстоятельством является появление в принципе ничем не ограниченных возможностей моделирования любых сложно организованных материальных систем, представляемых современной вычислительной техникой.

Чтобы представить себе живые тела, существенно отличающиеся по химическому составу от известных нам, допустим, что в живых телах какой-либо важный для жизни элемент заменен другим, химически близким ему. Как ни близок кремний углероду, многие свойства делают его непригодным для замены им углерода в живых телах. Приведем только некоторые примеры. Аналог углекислого газа — кремниевый ангидрид — очень легко полимеризуется и образует твердое тело. Такой универсальный процесс, свойственный большей части живых тел, как выделение углекислого газа в результате диссимиляции, у кремний-

содержащих организмов был бы крайне затруднен, так как они выделяли бы при брожении и окислении твердое вещество. Кремний непригоден также для построения многих существенно важных для жизни соединений. Я не знаю, могли бы быть построены кремнийсодержащие аналоги пуриновых и пиримидиновых оснований, которые входят в нуклеиновые кислоты. Так или иначе, но даже простейшие ароматические соединения кремний образует с очень большим трудом.

Нам кажется, что приведенного примера достаточно, чтобы увидеть, в область каких чисто гадательных построений мы

Оба названных обстоятельства настоятельно требуют того, чтобы определение жизни и мышления было освобождено от произвольных предпосылок о конкретной природе лежащих в их основе физических процессов, чтобы это определение было чисто функциональным. Подробная разработка таких представлений о жизни и мышлении является еще делом будущего. Но общие черты этих будущих определений достаточно ясны.

С более широкой философской точки зрения речь идет о точном объективном описании условий в материальной среде, развивающейся по определенным законам связи причин и следствий без какой-либо поставленной этому развитию извне цели, где возникают материальные системы, понимание функционирования и развития которых невозможно без привлечения совсем нового ряда понятий, без представлений о внутренней, свойственной этим системам целесообразности. В общих чертах решение этой проблемы дано диалектическим материализмом. Но классики диалектического материализма ориентировались при этом, что было естественно до недавнего времени, в качестве конкретного, подлежащего объяснению круга явлений лишь на мир земных живых существ, связанный единством своего происхождения, на психическую жизнь высших животных, мышление человека. Сейчас наступило время, когда необходимо вполне конкретно представить себе пути возникновения материальных систем, обладающих внутренней целесообразностью, во всей их общности, не пренебрегая и возможностями, еще не наблюдавшимися непосредственно. На современном этапе при этом не следует пренебрегать и построением «в запас» нескольких произвольных гипотез, как бы ни сближалась иногда такая деятельность ученого с построениями писателей-фантастов. Каждая из гипотез, выдвинутых, например, в книге И. С. Шкловского «Вселенная, жизнь, разум», обладает лишь умеренной долей правдоподобия. Но в качестве набора подлежащих обсуждению возможностей, не противоречащих запасу имеющихся у нас на сегодняшний день данных, построения

вступаем, пытаясь конкретно обсуждать возможность жизни при существенно ином химическом составе, чем тот, в котором она нам известна. Логически возможно также, что всякая жизнь неизбежно будет «формой существования белковых тел», поэтому вопрос о жизни при ином химическом составе кажется нам несколько преждевременным, тем более что современная биология ставит перед нами большое количество других, очень актуальных проблем.

В. Л. Рыжков,

член-корреспондент АН СССР

■ ЧТО ТАКОЕ ЧЕЛОВЕК?

Человек представляет собой целесообразно организованную систему атомов, высокую форму организации, в которой материя начинает познавать себя. Каждый атом сохраняет все свои свойства, проявляя их в сложных цепочках химических реакций. Каждый элементарный процесс происходит по законам, свойственным атомам и молекулам, хотя некоторые из этих свойств и не проявляются в условиях неживой природы.

Такая точка зрения часто встречает возражения. Но ведь человек строится из атомов пищи, воды и воздуха по плану,

И. С. Шкловского представляются мне очень ценными. Выбор этих подлежащих обсуждению возможностей сделан с большим вкусом и большим знанием дела.

Специальные механизмы хранения и переработки информации вырабатываются уже на самых ранних этапах развития жизни. Вначале совершенствование этих механизмов происходит путем «слепого поиска». Таков еще механизм выработки простейших условных рефлексов. Но уже на довольно ранней ступени органической эволюции приобретают известную самостоятельность механизмы, обеспечивающие правильное отражение устройства внешнего мира вне зависимости от того, является ли это отражение во всех деталях уже в данный момент необходимым для выработки поведения. Позднее возникают механизмы внутреннего моделирования возможного хода явлений во внешнем мире и возможных последствий того или иного поведения. Эти механизмы позволяют синтезировать сложные целесообразные комплексы актов поведения, минуя многократные испытания. Наивные представления о том, что кошка перед трудновыполняемым прыжком «обдумывает» технику его выполнения, правильно передают своеобразие такой синтетической деятельности мозга высших животных. От нее уже недалеко и до настоящего мышления человека. Сейчас становится настоятельно необходимым подробное конкретное описание того, что мы понимаем под словом «мышление», в терминах, применимых к произвольной системе, относительно которой возникает پرسловутый вопрос, «мыслит» она или нет.

При последовательном проведении функциональной точки зрения на жизнь и мышление как на способы организации материальной системы мы, естественно, приходим к выводам, которые могут привести в некоторое смущение. Дело в том, что моделирование способа организации материальной системы не может заключаться ни в чем ином, как в создании из других материальных элементов новой системы, обладающей в существенных чертах той же организацией, что и система мо-

заложенному в ДНК его первой клетки. Только информация, заложенная в этих ДНК, делает его отличным от амобы или от запаса питательных веществ. Но эта информация настолько сложна и целесообразна, что на ее основе возникают такие свойства человека, как системы, которые качественно отличают его от животного мира и тем более — от неживой природы.

Применимость законов физики ко всем процессам, происходящим в человеке, и принципиальная возможность моделирования процессов его мышления с помощью искусственных систем, описание этих процессов в кибернетических тер-

минах не принижают его, так же как не принижает человека то, что его тело притягивается к Земле, подчиняется законам механики, состоит из атомов. Коллективный разум людей с помощью книг, машин и других средств обмена, хранения и обработки информации имеет практически неограниченные возможности, и это важнее, чем иллюзорные представления о внефизической жизненной силе, которые отпадают с развитием знаний, как отпали другие предрассудки человечества — геоцентризм и антропоморфизм.

С. Б. Пикельнер,
доктор физико-математических наук

делируемая. Поэтому достаточно полная модель живого существа по справедливости должна называться живым существом, модель мыслящего существа — мыслящим существом.

Некоторые писатели-фантасты считают, что все совершенное похоже друг на друга. По их мнению, представители всех (или всех «добрых», а не «злых») внеземных высокоразвитых цивилизаций должны иметь два глаза и нос, хотя, быть может, и несколько необычной формы. Их тела должны быть столь похожи на человеческие, что, увидев их без одежды, мы будем поражены,— так они соответствуют нашим идеалам физической красоты, и т. д.

К сожалению, трудно найти разумные основания для таких представлений. Если уж нам будет суждено встретиться с внеземными мыслящими существами, то вопрос об установлении взаимопонимания, вероятно, будет значительно более сложным.

В частности, если верить в возможность развития цивилизаций (достигших нашего современного уровня) в течение сотен тысяч или миллионов лет, то естественно предположить, что носители таких цивилизаций создадут научно разработанную организацию, наиболее приспособленную к их условиям жизни. Человеческое общество уже сейчас является «самоорганизующейся системой», развитие которой идет хотя бы отчасти путем сознательного «самопланирования». Но что получится, когда «самопланирование» захватит и основные черты устройства самих носителей цивилизации? Такая сознательная перестройка организации может, несомненно, идти значительно быстрее, чем эволюция, основанная на дарвиновском слепом естественном отборе. Почему же думать, что за миллион лет носители высокоразвитой цивилизации изменятся меньше, чем живые существа на Земле, например, от каменноугольного периода до наших дней?

С этой точки зрения необычный аспект приобретает и вопрос о возможности мыслящих и чувствующих «автоматов», построенных на совершенно новых (по сравнению с обычной «жизнью») физических основах. Обычно говорят, что они будут лишь исполнять замысел своих создателей. Но что, если замысел создателей будет заключаться в продолжении их собственной культуры в новых условиях? Варианты такой возможности, впрочем, уже намечены в книге И. С. Шкловского.

Скорее надо признать более парадоксальным (хотя и не исключенным) вариантом тот, когда в существующей сотни тысяч лет высокоразвитой цивилизации победят консервативные тенденции нарочитого сохранения физической породы ее носителей, признанной вечным канон красоты. Но совсем мало вероятно, чтобы этот канон в независимо развившихся цивилизациях непременно повторял наш.

Хаос и жизнь

Г. Ф. ХИЛЬМИ,

доктор физико-математических наук

Известный английский астрофизик Джеймс Джинс в книге «Вселенная вокруг нас», вышедшей в начале 30-х годов, затрагивая вопрос о связи жизни и Вселенной, писал: «Три столетия, прошедшие с тех пор, как Джордано Бруно был сожжен на костре за его веру во множественность обитаемых миров, принесли с собой почти не поддающуюся описанию перемену в нашем познании мира, но они не приблизили нас сколько-нибудь заметно к пониманию связи между жизнью и Вселенной. Мы можем строить только догадки о значении жизни, которая, по всей видимости, является в ней столь редким явлением. Представляет ли она собой то высшее достижение, к которому идет мироздание и для которого биллионы лет превращений материи в ненаселенных туманностях и звездах и рассеяние излучения в пустынных пространствах были только невероятно странной и удивительной подготовкой? Или не есть ли она простая случайность и незначительный побочный продукт естественных процессов, текущих в мировой материи? Или, становясь на еще более скромную точку зрения, не должны ли мы смотреть на нее, как на болезнь, которой начинает страдать материя «на старости лет», когда она теряет высокую температуру и способность к генерации того высокочастотного излучения, которым более молодая материя могла бы сразу уничтожить жизнь?»

Здесь только вопросы. Однако они поставлены так, что выражают определенную точку зрения, согласно которой жизнь во Вселенной — невероятно странное и удивительное явление, может быть, случайный и незначительный продукт развития естественных процессов или даже болезнь стареющей материи.

Выводы Джинса основаны на сопоставлении физических условий, встречающихся во Вселенной, с условиями, в которых возможно существование живых существ. Это сопоставление показывает, что условия, благоприятные для живых существ, встречаются во Вселенной редко и связаны с остывающей материей. Однако Джинс использовал только астрономические данные и не мог привлечь необходимые сведения о самой жизни; биофизические свойства жизни еще не были достаточно известны в его время. Но именно биофизические знания заставляют нас совершенно иначе смотреть на связь жизни и Вселенной.

* * *

Рассмотрим в первую очередь, каким образом в биофизических свойствах жизни преломляются фундаментальные законы природы. Такое рассмотрение может дать отправные точки зрения для обобщений и экстраполяций, раскрывающих космическое значение жизни.

Жизнь не может быть сведена к превращениям энергии, но обязательно ими сопровождается. Если в организме приостановить происходящие в нем превращения энергии, то он умрет.

Сопоставление этого факта со вторым законом термодинамики сразу же позволяет сделать несколько важных выводов.

Организм не может быть системой, замкнутой для входа энергии из внешней среды. В силу второго закона термодинамики в энергетически замкнутом организме внутренний запас энергии перейдет в непревратимые формы и жизнедеятельность организма прекратится. Поэтому все организмы открыты для входа энергии. Растения добывают энергию непосредственно из внешней физической среды, поглощая световое излучение Солнца. Животные приобретают свободную энергию, питаясь другими организмами.

Однако захват организмом энергии из внешней среды не представляет собой пассивного процесса. Он требует активной деятельности организма. Одно из самых важных проявлений этой активности заключается в том, что на добывание энергии из внешней среды организм расходует содержащуюся в нем и ранее запасенную им свободную энергию. Поэтому только при достаточно высоком запасе свободной энергии возможно устойчивое существование организма; потеря или чрезмерная убыль этого запаса исключают возможность его восстановления и поэтому необратимы. Не только захват, но и сохранение в своей биомассе достаточно высокого уровня энергии составляют постоянную заботу всякого организма. Иначе говоря, всякое живое тело должно быть системой, обладающей свойствами энергетического саморегулирования, т. е. системой, которая в условиях своего существования сама регулирует и контролирует свой внутренний запас свободной, способной к превращениям энергии.

Сохранение необходимого энергетического уровня представляет для растения трудную задачу. Внешняя среда, в которой живет растение,

■ ЖИЗНЬ НЕ МОЖЕТ БЫТЬ СЛУЧАЙНОСТЬЮ

Для живых систем характерна высокая упорядоченность, значительно более высокая, чем у любых известных нам неживых систем. Даже простейшие живые организмы чрезвычайно сложны. Обращаясь к масштабу упорядоченных структур, мы убеждаемся в том, что дистанция между бактерией и человеком значительно меньше, чем, например, между бактерией и гигантским электронным мозгом. При обычном течении событий упорядоченность имеет тенденцию к уменьшению, и поэтому нелегко понять,

как живое могло возникнуть из неживых предшественников. Было предложено несколько объяснений этому, но не все они могут служить предметом научного исследования. Среди тех гипотез, которые заслуживают научного обсуждения, наиболее привлекательно предположение о том, что неживые компоненты приняли конфигурации, совместимые с жизнью, в результате какого-то счастливого случая. Для того чтобы какая-то конфигурация оказалась совместимой с жизнью, в ней должна сочетаться способность к метаболической активности с устойчивостью и даже с приспособляемостью. Кроме того, она должна обладать способностью

переменна. Только при некоторых состояниях этой среды растениям доступна энергия внешних источников. Постоянно расходуя энергию, растение может ее запасать только в некоторые, благоприятные для этого, периоды года. Нужный баланс энергии не складывается сам по себе. Интенсивно обогащаясь энергией в летнюю, благоприятную для этой части года, растение активно сдерживает расход энергии в зимний период, когда оно не имеет возможности пополнить свой энергетический запас. Для этого растение вынуждено менять свое устройство и способ функционирования. Эти изменения находят свое отражение даже в наружном облике растений: достаточно сравнить одно и то же растение летом и зимой, чтобы в этом убедиться. Мы привыкли к этим изменениям и не думаем о том, что они представляют собой проявления тех процессов энергетического саморегулирования растений, без которых сохранение жизни на Земле было бы невозможно.

Подготовка растений к благоприятным и неблагоприятным состояниям внешней среды происходит заблаговременно. Это достигается тем, что растения способны реагировать не только на непосредственные энергетические воздействия среды, но и на сигналы предстоящих состояний этой среды. Полезная для растений способность реагировать на сигналы и заблаговременно подготавливаться к будущим состояниям внешней среды возникла в процессе эволюции и закрепились естественным отбором; она необходима для сохранения вида в условиях не вполне регулярного притока энергии во внешнюю среду. В настоящее время установлено, что главные сигналы, на которые отвечает растения, это весной — временной ход температуры во внешней среде, а осенью — продолжительность светлой части суток.

Животные и человек отличаются от растений тем, что для них захват свободной энергии из внешней среды и сохранение необходимого энергетического уровня представляют собой значительно более трудную задачу.

воспроизводить себя из отдельных компонентов, имеющихся в окружающей среде. Это трудно выполнимые требования. Чтобы должным образом оценить их значение, займемся исследованием того, что представляется нам критическим этапом в возникновении жизни. Пусть у нас имеется «густой, теплый, соленый бульон», содержащий различные органические молекулы — аминокислоты, сахара, полифосфаты, пиримидины, пурины и т. д. Какова вероятность наступления такого события, при котором какая-то случайная конфигурация из этих молекул окажется совместимой с жизнью? Общее число случаев, при которых в ре-

зультате созидательных актов может возникнуть жизнь, равно произведению числа различных пригодных для этого участков на число случаев, когда это событие могло бы произойти. Число участков равно отношению общего пригодного объема к объему, которым должны удовлетвориться компоненты будущих структур (перекрытием компонентов мы здесь пренебрегаем). Верхним пределом общего объема будем считать всю поверхность Земли ($5 \cdot 10^{18}$ см²), покрытую слоем воды толщиной 1 м, т. е. $5 \cdot 10^{20}$ см³. Разумеется, минимальный объем совокупности компонентов не должен быть меньше объема бактерии, т. е. $1 \cdot 10^{-12}$ см³.

Реакции животных на явления внешней среды, несущие прогностическую информацию, много сложнее и совершеннее реакций растений. Наряду со сходными реакциями, такими, как изменение волосяного покрова, спячка и т. п., животные реагируют также сложными формами поведения (заготовка пищевых запасов на зиму, перелеты птиц, сезонные и другие миграции животных и т. п.). Кроме того, животные способны к самообучению и вырабатывают систему условных рефлексов, отображающих статистические закономерности временного чередования явлений во внешней среде. Явлениям — предвестникам тех или иных событий, важных для жизнедеятельности и сохранения вида, в центральной нервной системе высших животных соответствуют условные рефлексы, позволяющие животному заблаговременно подготовиться к целесообразному ответу. Способность вырабатывать реакции на прогностическую информацию широко развита в животном мире.

В конечном итоге живым существам удается преодолеть то огромное сопротивление внешней среды (обусловленное вторым законом термодинамики), которое вызывается деградацией энергии, и то сопротивление, которое обусловлено нерегулярностью поступления во внешнюю среду свободной, способной к превращениям энергии. Однако это происходит не само собой, а достигается надлежащим уровнем организации живых существ и определенным целенаправленным способом их функционирования. Но именно с этой стороны жизнь подстерегают самые большие опасности.

Кроме деградации энергии всеобщее значение имеет явление, которое можно назвать деградацией организационной структуры материальных систем, или коротко — организационной деградацией. Суть его заключается в следующем: если уровень организации индивидуальной, отдельно взятой системы превосходит организационный уровень среды, то происходящие в системе превращения энергии постепенно разрушают структуру системы и в конце концов наступает распад системы. Позволяя себе

Таким образом, число пригодных участков не может превышать $5 \cdot 10^{32}$.

Для получения нижнего предела допустим, что поверхностью раздела, на которой может происходить упорядочение, служит только берег океана. Пусть береговая линия имеет длину $5 \cdot 10^{10}$ см, т. е. может примерно 10 раз обвиться вокруг земного шара. Допустим, что размеры элементарного объема ни в одном направлении не превышают 1 см; вряд ли эта величина может быть намного больше, если компоненты будущей системы должны достаточно быстро встретиться друг с другом вследствие диффузии. Получающееся при этом число участков рав-

но $5 \cdot 10^{10}$. Таким образом, мы находим, что число участков, пригодных для случайного образования живых структур, лежит между $5 \cdot 10^{10}$ и $5 \cdot 10^{32}$.

Промежуток времени, в течение которого в «густом, теплом, соленом бульоне», содержащем сколько угодно потенциально пригодных «строительных блоков», могла бы возникнуть жизнь, следует оценить примерно в $2 \cdot 10^9$ лет, или $2 \cdot 10^{13}$ час. Время, отведенное для одного «акта создания», ограничено, с одной стороны, скоростью образования макромолекул и более сложных структур, а с другой — тем, как долго незаконченная структура может существовать, ожидая возможного завер-

некоторую образность языка, эту мысль можно выразить еще и так: индивидуальная система, работающая в хаотической среде или в среде с уровнем организации более низким, чем уровень самой системы, обречена, — постепенно теряя свою структуру, система через некоторое время растворится в окружающей более хаотической среде.

Закон организационной деградации относится не к явлениям возникновения организованных систем в хаотической среде, а к последующей судьбе индивидуальных систем, так или иначе возникших в этой среде. Мы повсеместно наблюдаем возникновение систем с организационным уровнем, превышающим уровень среды: образование сложных молекул, формирование кристаллов или рождение живых существ. Организованные системы, возникая независимо от закона организационной деградации, в дальнейшем подчиняются этому закону.

Следовательно, в отличие от второго закона термодинамики закон организационной деградации не вносит в развитие мира элементов необратимости и не обуславливает необратимого исчезновения организованных систем вообще, хотя каждая индивидуально взятая организованная система в конце концов растворяется в окружающей хаотической среде. В силу одного только закона организационной деградации окружающий нас мир не способен превратиться в хаотическую и однородную в организационном отношении среду.

Закон организационной деградации применим к живым системам, и в этом смысле смерть организма следствие его жизнедеятельности.

Потери организма, вызванные разрушением его структуры внешней хаотической средой, в отличие от потерь, обусловленных деградацией энергии, непосредственно невозместимы из внешней среды. Из внешней среды можно извлечь только компоненты, необходимые для восстановления и создания структурных образований, но она не может содержать в готовом виде такие образования. И мы знаем, что каждый организм восстанавливает свои ткани из веществ, захватываемых им во внешней

среды. Это минимальное время, разумеется, никак не меньше одного часа, т. е. времени, требующегося для того, чтобы при умеренно благоприятных условиях из одной бактерии образовалась другая. Верхним пределом можно считать время, превышающее указанное в 10^{10} раз, что совпадает с грубой оценкой отношения скорости реакции при наличии ферментного катализа к ее скорости в отсутствие такого катализа. Отсюда следует, что в каждом пригодном участке число случаев, благоприятных для акта создания (в результате которого могла бы возникнуть некая система с основными признаками живого), варьирует от $2 \cdot 10^3$ до $2 \cdot 10^{13}$.

Умножая число участков (от $5 \cdot 10^{10}$ до $5 \cdot 10^{32}$) на число случаев (от $2 \cdot 10^3$ до $2 \cdot 10^{13}$), получаем, что общее число случаев, которые могли бы привести к возникновению жизни, лежит между 10^{14} (произведение двух нижних оценок) и 10^{46} (произведение двух верхних оценок) с точностью для каждой границы интервала в несколько порядков величин. Повидимому, задача сужения этого огромного интервала, простирающегося более чем на 30 порядков, не должна наталкиваться на серьезные затруднения; однако для наших целей решать ее не обязательно. Достаточно сказать, что любое событие того типа, о котором идет речь,

реде. Однако полное восстановление невозможно, и по мере изнашивания организма способность восстановления постепенно затухает и наконец происходит организационная деградация.

Для отдельного организма преодоление организационной деградации представляет собой неустранимое препятствие, и каждое живое существо в конце концов умирает. Однако для жизни в целом как процесса, раз-
зертывающегося во времени, это препятствие преодолимо. Размножение — способ преодоления жизнью организационной деградации. В результате своей жизнедеятельности организмы каждого вида раньше, чем произойдет их деградация, создают новые себе подобные организмы, способные жить и воспроизводиться после смерти породивших их особей. При этом не только передается потомству и сохраняется в нем организационный уровень данного вида, но в последовательной смене поколений возможна прогрессивная эволюция организационного уровня.

* *

В годы написания Джеймсом Джинсом книги, упомянутой в начале этой статьи, в областях науки, далеких от астрономии, оформились новые представления о месте и роли жизни в природе. Мы имеем в виду исследования В. И. Вернадского, посвященные биосфере, т. е. той оболочке нашей планеты, в которой существует живое вещество и где проявляется его влияние. Исключительные по своей глубине обобщения В. И. Вернадского были изложены в двух его очерках: «Биосфера в космосе» и «Область жизни», впоследствии объединенных в книгу «Биосфера».

После исследований В. И. Вернадского стало совершенно ясно, что биосферу нельзя рассматривать только как область обитания живых существ на Земле. Она представляет собой сложноорганизованную систему, в которой различные виды организмов взаимодействуют между собой, а все живое вещество взаимодействует с внешней физической средой.

должно произойти, если его вероятность больше 10^{-10} , и не должно наступить (или наступит не более чем один раз), если его вероятность меньше 10^{-50} .

Значительно завышенная оценка числа случаев, при которых «строительные блоки» (органические молекулы) могли бы соединиться и образовать живую структуру, равна 10^{46} . Весьма заниженная оценка объема существенной информации в простом живом организме, рассматриваемом как упорядоченная система тех же блоков, составляет 1000 бит, что соответствует вероятности, равной 10^{-301} . Следовательно, вероятность возникновения жизни в результате случайного наступ-

ления какого-либо одного из этих 10^{46} событий приблизительно равна 10^{-255} . Если мы воспользуемся более высокой оценкой объема информации, то искомая вероятность соответственно уменьшится. Из чрезвычайной малости этой величины вытекает фактическая невозможность появления жизни в результате случайного соединения молекул. Предположение о том, что живая структура могла бы возникнуть в одном акте вследствие случайного соединения молекул, следует отвергнуть. Конечно, даже практически невозможное событие может произойти однажды, но более чем один раз оно не произойдет.

Первый и очень важный вывод В. И. Вернадского, противостоящий взглядам Джинса, заключался в том, что жизнь не является пассивным и случайным явлением, возникшим в остывших областях Вселенной. Жизнь возникает в относительно холодных частях Космоса, однако пронизанных высокочастотным излучением горячих тел Вселенной.

«Можно без преувеличения утверждать,— пишет В. И. Вернадский,— что химическое состояние наружной коры нашей планеты, биосферы, всецело находится под влиянием жизни, определяется живыми организмами. Несомненно, что энергия, придающая биосфере ее обычный облик, имеет космическое происхождение. Она исходит от Солнца в форме лучистой энергии. Но именно живые организмы, совокупность жизни, превращают эту космическую энергию в земную, химическую и создают бесконечное разнообразие нашего мира. Эти живые организмы, которые своим дыханием, своим питанием, своим метаболизмом, своей смертью и своим разложением, постоянным использованием своего вещества, а главное — длящейся сотни миллионов лет непрерывной сменой поколений, своим рождением и размножением порождают одно из грандиознейших планетных явлений, не существующих нигде, кроме биосферы. Этот великий планетарный процесс есть миграция химических элементов в биосфере, движение земных атомов, непрерывно длящееся больше двух миллиардов лет согласно определенным законам.

...Но в окружающем мире теряется проявление отдельного организма. Приходится принимать во внимание все существующие мириады живых организмов — всю совокупность жизни, чтобы понять великое природное явление, которое они порождают. Всюду в среде жизни существует вызванное жизнью великое химическое превращение, движение вещества, молекулярное изменение. Можно проследить во всей биосфере таким образом порожденное жизнью движение молекул; оно охватывает собой всю тропосферу, всю область океанов, живую природу суши. Можно уловить его проявление в свободной атмосфере — в стратосфере и дальше до са-

Отсюда следует, что если бы жизнь возникла таким чрезвычайно невероятным способом, то, безусловно, ни на Земле, ни где-либо в космическом пространстве не могла бы существовать какая-то иная жизнь, другого происхождения. Если на Марсе будет найдена жизнь внеземного происхождения, то тем самым будет опровергнута гипотеза возникновения жизни в результате случайного соединения молекул. Во всяком случае представляется более перспективным искать такой механизм, который не предусматривает чудовищно маловероятных происшествий.

Генри Кастлер,
профессор (США)

■ ЖИЗНЬ В «КОСМИЧЕСКОМ» ХОЛОДЕ

Могут ли растения жить при сверхнизких температурах? Что происходит при этом в клетке растения?

Первым на эти вопросы попытался ответить французский ученый П. Беккерель. Сухие семена он охлаждал почти до абсолютного нуля, а затем выращивал из них вполне нормальные растения. Но семена легче переносят тяготы жизни, надежно защищенные естественным панцирем. Могут ли взрослые растения пройти через такое испытание? И, кроме того, Беккерель так и не смог узнать, что про-

ой крайней границы планеты. Мы можем доказать его влияние далеко за пределами области жизни — в глубоких слоях Земли, в совершенно для нас чуждых областях метаморфизма».

Присутствие живого вещества в биосфере придает своеобразный облик энергетическим явлениям на поверхности Земли.

Прежде всего живое вещество биосферы накапливает и сохраняет в своей биомассе энергию солнечного излучения, преобразуя ее в энергию органических соединений, способную к дальнейшим превращениям. Входным каналом в биосферу для этой энергии и ее основным накопителем являются растительный покров континентов и зеленые организмы океанов. Растительные животные и хищники, питающиеся другими животными, служат каналами вторичных превращений и вторичных аккумуляций свободной энергии в биосфере.

Однако обогащение биосферы свободной энергией происходит не только в результате накопления этой энергии в биомассе организмов. При взаимодействии живого вещества с физическими средами (почвами, природными водами, атмосферой) происходит постоянное обогащение этих сред превратимой энергией.

Таким образом, благодаря живому веществу энергия солнечного излучения не просто воздействует на поверхность Земли, а становится энергией самой Земли и ее процессов.

Сама атмосфера в ее главных газах — кислороде, азоте и углероде — есть создание жизни. Постоянство запаса кислорода в современной атмосфере также является результатом жизнедеятельности растений. Организмы Земли для поддержания своего существования передвигают в течение года массы газов, которые в несколько раз превышают массу атмосферы, равную $6 \cdot 10^{13}$ т.

Кроме того, в результате жизнедеятельности растений почва обогащается свободной энергией. Это обогащение происходит при создании растениями подземного органического вещества, при разрыхлении почвы

исходит внутри растений при сильном голоде.

Долгое время никто не знал, почему ствол дерева и его ветви могут выдерживать зимой температуру до -40°C , а корни погибают уже при -15°C . Видимо, причину следовало искать в том, что корни живут в земле и потому менее приспособлены к холоду. Но что конкретно мешает корням быть такими же закаленными, как и надземная часть дерева? Вопрос этот особенно интересовал нас, поскольку мы давно уже работаем над изучением морозостойкости растений. Сначала мы немного отрыли корни, оставив их верхнюю часть на воздухе. После

этого корни прикрыли щитами-жалюзи и зимой подвергли растение действию холода, естественного и искусственного, — для этого у нас есть полевые холодильные установки. Оказалось, что ветви дерева стали более морозостойкими, а корни по-прежнему остались чувствительными к холоду.

Потом мы несколько видоизменили опыт: щиты-жалюзи сняли и снова заморозили дерево. И вот тут-то оно прекрасно выдержало холод. Значит, естественно предположить, что постоянное «обдувание» корней, а также и действие света закалывают корни, повышают общую морозостойкость растения. Так мы выяснили,

корневой системой растений и водными токами, возникающими в почве в результате деятельности корней, при выделении корнями в почву химических веществ и т. п.

Влияние живого вещества не ограничивается тонкой пленкой, образуемой почвой, а проникает значительно глубже. За геологическое время живое вещество пронизывает земную кору мельчайшей пылью своих остатков и многими минералами, возникшими под влиянием его жизнедеятельности. В результате этого также происходит обогащение земной коры свободной энергией.

Захват биосферой энергии солнечного излучения, преобразование ее в свободную энергию живого вещества, а также обогащение живым веществом окружающей физической среды свободной энергией подчиняется обычным законам термодинамики, действующим в области энергетических явлений. Тем не менее этих законов недостаточно для научного понимания и описания энергетических явлений, происходящих в биосфере.

В самом деле, мы знаем, что захват солнечной энергии зелеными растениями и ее консервация в виде химической энергии органических соединений контролируются сигналами геофизической среды, несущими информацию о будущих состояниях этой среды. Но не только в явлениях первичного поглощения и накопления энергии зелеными растениями существенны сигналы геофизической среды. Не менее важная роль принадлежит сигналам геофизической среды и во вторичных превращениях энергии в биосфере. Способность животных реагировать на сигналы геофизической среды создает ту согласованность сезонного развития трофически связанных ярусов биосферы, которую мы видим в природе.

Таким образом, мы приходим к выводу, что специфичность энергетических явлений в биосфере обусловлена не нарушениями законов термодинамики, а кибернетическими свойствами биосферы. Биосфера представляет собой среду, в которой в грандиозном масштабе осуществляется взаимодействие между энергией и информацией.

что нужно для того, чтобы закалить растение. Но мы еще не знали, что происходит в нем на клеточном уровне. А знать это было совершенно необходимо, поскольку иначе описанные опыты остались бы всего-навсего любопытными наблюдениями.

Мы выяснили, что осенью, когда дни делаются короче, в растениях накапливаются особые вещества — так называемые ингибиторы роста, замедляющие рост. Механизм действия этих веществ остается пока еще неясным, но очевидно, что они подготавливают растения к зимнему холоду. Мы попробовали выделить ингибиторы и опрыснуть ими растения, и

это нам удалось. Деревья тотчас же перестали расти. Видимо, позже можно будет использовать это явление в более широких масштабах.

Осенью, во время замедления роста, растения старательно накапливают сахар. Зачем? Оказалось, что он нужен растениям как своеобразная «добавка», понижающая точку замерзания воды внутри клеток. Суммировав все наблюдения, нам удалось разработать лабораторные способы повышения морозостойкости растений.

После таких экспериментов было любопытно выяснить, какую самую низкую температуру смогут выдержать растения,

Влияние воспринимаемой организмами информации на превращения энергии на поверхности Земли придает биосфере специфические черты. Дело не только в том, что способность организмов реагировать на информацию позволяет живому веществу накапливать в своей биомассе превратимую энергию и обогащать этой энергией окружающую физическую среду, а и в том, что в ходе времени, по мере усложнения биосферы, эти явления все время усиливаются. С энергетической точки зрения появление и развитие биосферы на Земле — с ее живым веществом, атмосферой и почвами — следует рассматривать как возникновение грандиозного процесса постепенного накопления запаса превратимой энергии в поверхностном слое планеты и тем самым уменьшения «производства» непревратимых форм энергии в земной природе.

* * *

В процессе естественного отбора живые существа, населяющие биосферу, на протяжении многих веков совершенствуя свою структуру и формы поведения, приспособились к внешней среде. Одновременно живое вещество планеты обогащало физическую среду биосферы свободной энергией и создало почвы и атмосферу Земли. Но без почв и атмосферы современные формы жизни были бы невозможны. Следовательно, передачу свободной энергии во внешнюю среду и регулирование запаса этой энергии в среде можно рассматривать как активное создание живым веществом условий, благоприятных для своего существования.

Таким образом, естественный отбор был не только движущей силой прогрессивного развития организмов, но и фактором, преобразующим внешнюю среду в сторону, благоприятную для жизни. Жизнь одновременно и приспосабливается к условиям внешней среды, и создает эту среду. Закрытые контуры связи между физической средой и живым веществом — истоки развития и саморегулирования биосферы.

если закалить их по нашему методу — последовательно проводя через искусственно укороченный день, чтобы дать им возможность и время скопить сахар. Мы взяли несколько черенков черной смородины, закаленных по нашему методу, и начали постепенно понижать температуру — со скоростью одна десятая градуса в час. Так температура понижалась до -60°C . Потом наступила главная часть опыта: растения погрузили в жидкий азот, температура которого составляет -195° . Затем черенки черной смородины вынули из холодильной установки и начали постепенно оттаивать. А

через несколько дней мы увидели, как прутья, побывавшие в «космическом» холоде при температуре -250° , пустили зеленые листья.

Потом мы охлаждали и другие закаленные растения до -253° , и результат был точно такой же: растения не погибали. Не сомневаюсь, что таким способом можно охладить растения и до абсолютного нуля — жизнь снова восторгается.

Эти эксперименты позволили сделать вывод: есть два способа получить незамерзающие растения. Первый — путем постепенного обезвоживания, когда вода выходит из клетки в межклеточную пустоту

Все сказанное показывает, как велика роль естественного отбора в формировании сил, противостоящих энергетической и организационной деградации природы. Однако в конечном итоге естественный отбор все же завершается самоотрицанием: он создает организмы, обладающие столь высоким уровнем организации, что они выходят из подчинения естественному отбору; они не столько приспосабливают свою структуру к требованиям среды, сколько изменяют ее в благоприятную для себя сторону. Обогнав в своем развитии все организмы на Земле, человек достиг этой стадии.

Выход человека из-под власти естественного отбора порождает новые явления, изучение которых выходит за пределы только биологического знания. Биологический коллективизм организмов перерастает в качественно новое явление — общественный способ существования человека, а способность организмов участвовать в коллективном воздействии на внешнюю среду перерастает у человека в общественно организованный труд, направленный на использование природы и ее преобразование. Возникновение человеческого общества и его специфических законов следует рассматривать как продолжение процессов, которые в начальных и качественно отличных формах зарождаются и вызревают еще в недрах биологической стадии развития. С этой точки зрения возникновение на нашей планете человеческого общества столь же закономерно, как и возникновение биосферы.

Но особенно важно отметить, что выход человека из естественного отбора имеет огромные последствия не только для самого человека, но и для окружающей его природы. Биосфера, став объектом общественно организованного труда человека, развивается уже не столько под воздействием стихийного отбора, сколько в результате разумной и целенаправленной деятельности человеческого общества. При этом естественно ожидать столь значительных изменений в области жизни на нашей планете, что следует говорить о превращении биосферы в качественно новую оболочку Земли — биотехносферу.

ту и лед внутри клетки не может образоваться. Собственно говоря, этот способ и избрала природа. И второй, к которому нас привели эксперименты и которыми мы пользовались, охлаждая смородину до сверхнизких температур. В этом случае растение охлаждается так быстро, что вода не успевает превратиться в лед. Она становится весьма и весьма своеобразным веществом, напоминающим стекло. В этом «стекле» молекулы уплотняются, застывая на своих местах, в отличие от льда, кристаллы которого, словно острые клинки, рвут нежные стенки клеток. Именно это свойство воды помогло в наших опытах молодым побегам пшеницы

отлично справиться с температурой в -195° .

Опыты со сверхнизкими температурами позволили нам разобраться в работе тсп-чайшего механизма, каким обладают морозостойкие растения. До сих пор о работе этого механизма имелись лишь самые общие представления. Выяснилось, что при подготовке растения к зиме в клетках происходят процессы, в результате которых изменяется физиологическое состояние протоплазмы. И содержимое живой клетки — прежде жидкое — становится подобным желе или студню. Этот студень делает протоплазму более устойчивой к механическим деформаци-

Наступит время, когда преобразованная человеком природа и технические устройства, воздействующие на нее, сольются в единую цельную систему. Начав с преобразования природы, человек перейдет к ее организации и в конце концов создаст принципиально новую оболочку Земли, состоящую из физической среды, населяющих ее организмов и включенных в природу технических устройств, контролирующих физическую среду и в значительной мере ее создающих. И какими бы ни оказались законы развития биотехносферы, ясно одно — процесс обогащения поверхности планеты свободной энергией не только сохранит свое значение, но будет прогрессивно возрастать.

* * *

Из всего изложенного выше видно, что главными источниками сопротивления среды организмам оказались следующие ее свойства: деградация энергии, деградация организационной структуры и непостоянство притока свободной энергии. Условимся среду, в которой происходят указанные явления, называть хаосогенной средой.

Устройство организмов, способ их воздействия на внешнюю среду и приспособительная эволюция в основном направлены на преодоление затруднений, вызываемых хаосогенностью среды. Только на уровне биологической формы движения материи природа сумела создать системы, способные существовать в хаосогенной среде с устойчивостью, обеспечивающей самовоспроизведение.

Сказанное нами дает представление только об одной стороне того влияния, которое оказывает на жизнь хаосогенность среды. Имеется еще и другая, очень глубокая сторона этого вопроса, которая, насколько нам известно, не была предметом философского или научного рассмотрения.

Устойчивое существование и функционирование всякой системы возможно лишь при соответствии уровня организации системы условиям среды. Этот уровень должен быть достаточным для данной среды, но не

ям и обезвоживанию, и клетка не боится холода: в замерзшем растении содержимое клеток остается незамерзшим.

Разумеется, подготовка растения к замораживанию со всеми стадиями, во время которых и образуется в клетках «студень», возможна пока лишь в лаборатории, но когда-нибудь это можно будет осуществить и на практике: достаточно будет опрыснуть растение ингибитором роста — и оно отлично перезимует; может быть даже в условиях «космических» морозов.

Схожие опыты со сверхнизкими температурами были проделаны и в Японии. Но там ученые работали над растениями,

взятыми зимой с открытого воздуха, когда они были подготовлены к экспериментам самой природой. Мы же брали растения в мае, когда достаточно даже 5–7° ниже нуля, чтобы его погубить, и проводили последовательно через все стадии подготовки к «космическому» холоду. Кроме того, нам впервые удалось предложить теорию, дающую возможность в деталях объяснить явления, возникающие в растениях при сверхнизких температурах. Мы поняли, что главной «хитростью» растения является вот это студнеобразное состояние протоплазмы.

И. И. Туманов,
-корреспондент АН СССР

должен быть избыточным. Не следует думать, что чем выше уровень организации системы, тем более она приспособлена к среде. Чрезмерно высокий уровень организации, не оправданный условиями среды, уменьшает приспособленность системы к существованию в условиях данной среды, а слишком большая избыточность организации делает невозможным ее существование в этой среде.

Применяя это общее положение к живой природе, мы должны еще раз вспомнить необычайно сложную и многостороннюю приспособленность живых существ к хаотической среде. Высокий уровень организации, нашедший свое выражение в устройстве организмов и способе их функционирования, буквально вылеплен этой средой. Во всякой менее сложной среде столь высокий уровень организации будет избыточным. Поэтому организмы не могут возникать и жить в среде, свободной от деградации энергии и не подчиненной закону растворения организованных систем в хаотической среде; если их поместить в такую среду, то они потеряют свою жизнеспособность, обремененные избыточностью организации. В этом случае сложность устройства и совершенство поведения станут излишними и бесполезными свойствами. Жизнь, освобожденная от давления хаотической среды, погибнет, как глубоководная рыба, выброшенная на поверхность моря и разорванная своим внутренним давлением, которое представляет собой ее приспособление для уравнивания давления огромных толщ воды.

Итоги анализа живых существ как энергокибернетических систем, совмещенные с анализом отношений живых существ с внешней средой, можно формулировать следующим образом: сопротивление среды, обусловленное вторым законом термодинамики, законом «растворения» организованных систем в хаотической среде и нерегулярностью притока свободной энергии, представляет собой одновременно и препятствие, преодолеваемое живыми существами, и обязательное условие для возникновения и существования организмов.

■ НАХОДКА В ВЕЧНЫХ ЛЬДАХ

На Земле Королевы Мод советскими учеными были обнаружены насекомые размером меньше 0,5 мм. Они обитают на лишайниках и каменистых мхах на северных склонах гор. Эти насекомые напоминают по типу членистоногих или примитивных бескрылых насекомых и имеют в отличие от такого же типа, распространенного на других континентах, не три, а четыре пары ног.

Находками заинтересовались не только зоологи, но и астробиологи. Ведь тот необычный факт, что живые организмы приспособились к длительным условиям

больших отрицательных температур, может изменить взгляды на возможность существования живого на других планетах.

■ ЗАГАДКА СИНЕЗЕЛЕННЫХ ВОДОРОСЛЕЙ

Эксперты, прибывшие на зараженный после взрыва американской водородной бомбы остров в Тихом океане, увидели, что на оплавленных радиоактивных камнях росли синезеленые водоросли. Эти растения поражают своей жизнеспособностью: они встречаются на самых высоких пиках Памира, на склонах вулкана после его извержения. Они как бы яв-

Такова диалектика отношения явлений жизни с законами деградации. Жизнь — это отрицание (в диалектическом смысле) второго закона термодинамики и закона растворения организованных систем в хаотической среде. И в то же время существование среды, подчиненной этим законам, представляет собой предпосылку для возникновения жизни и ее прогрессивного развития.

* * *

Отношения живого вещества с физической средой и фундаментальными законами, управляющими этой средой, дают нам определенные указания на место и возможное значение жизни во Вселенной.

Мы не можем сомневаться в том, что во Вселенной существуют хаосогенные условия: мы сами в них живем. Но мы не в состоянии ответить на вопрос, является ли хаосогенной вся Вселенная или только ее некоторые области.

Попытка представить всю Вселенную хаосогенной дает нам одностороннюю, незавершенную и логически незамкнутую картину мира, в которой все превращения энергии ведут к ее вырождению, к необратимому переходу свободной энергии в непревратимую форму, рассеянную в пространстве. С другой стороны, у нас нет эмпирических оснований для гипотезы о существовании во Вселенной таких антихаосогенных областей, в которых протекали бы обратные процессы: конденсация рассеянной деградированной энергии и преобразование ее в свободную энергию. Принципы физики также не дают представлений о возможной природе таких областей или хотя бы указаний на их существование.

Вряд ли это затруднение случайно. Можно высказать следующее соображение о гносеологической основе этого затруднения. Допустим, что Вселенная представляет собой сочетание хаосогенных и антихаосогенных областей. В то же время возникновение и развитие жизни, в том числе

являются вершиной биохимического развития жизни.

Растения, осуществляющие фотосинтез, в биохимическом отношении стоят выше животного мира.

Синезеленые водоросли ни от кого не зависят: они усваивают энергию Солнца и связывают азот воздуха. Был проделан такой опыт. В стеклянные шары поместили представителей живого мира, стоящих на разных ступенях биохимического развития, — небольших животных, растения. Шары заполнили водой и загерметизировали. Получилась замкнутая экологическая система, где под воздействием

Солнца осуществлялся круговорот веществ. Через несколько лет он прекратился, в шарах остались только синезеленые водоросли: в борьбе за жизнь они оказались самыми приспособленными.

Планеты, имеющие водную и газовую оболочку, по-видимому, тоже представляют собой экологические системы. Возможно, там имеется что-то, похожее на синезеленые водоросли. Разумеется, это гипотеза, но полеты в Космос позволяют проверить ее.

М. Гусев,

кандидат биологических наук

и мыслящих существ, возможно только в хаосогенной среде. Поэтому весь опыт живых существ, следовательно, и опыт человеческого восприятия внешнего мира, а возможно, и логика нашего мышления о нем, несут на себе печать ограниченности, которая обусловлена тем, что живому доступны взаимодействия только с хаосогенной средой. Мы не хотим этим сказать, что антихаосогенные области Вселенной непознаваемы. Хотя для живых существ антихаосогенные области Вселенной не могут быть предметом непосредственного восприятия, но если эти области существуют, то неизбежно они как-то взаимодействуют с хаосогенными областями и косвенно, по эффектам этих взаимодействий, возможно получение информации о них. Однако это принципиально другой путь познания, основанный на интерпретации одних только вторичных явлений и связанный с преодолением определенных препятствий. Возможно, что именно этими обстоятельствами объясняется укоренившееся представление о хаосогенности всей Вселенной.

Какое бы, однако, место ни занимала хаосогенность во Вселенной, появление жизни в ее хаосогенных областях представляет собой не случайное явление, а закономерный результат развития материи. Простейшие начальные формы организации материи возникают еще на физической стадии развития. Ядерные и молекулярные силы являются главными организующими факторами в микрокосмосе. Затем в недрах хаосогенных частей макрокосмоса возникают организованные системы, обладающие кибернетическими свойствами, способные сохранять устойчивость путем уравнивания воздействий внешней среды и приспособлением к ней. Из них путем отбора и эволюции вырастает и совершенствуется жизнь. Хаосогенная среда закономерно порождает свое диалектическое отрицание — живые системы, преодолевающие хаосогенность Вселенной.

Может быть, современному научному мышлению, строго сохраняя традиции осторожности, все же следует стать более смелым при оценке места жизни во Вселенной. Возникая независимо во многих частях Все-

■ НАС МОГЛО БЫ И НЕ БЫТЬ

Появление у животных в процессе эволюции того, что мы называем разумом, настолько полезное для вида приобретение, что он сразу же (в эволюционном масштабе времени) начинает господствовать над всей планетой и даже выходит за ее пределы. Однако жизнь появилась на Земле около 3—4 млрд. лет назад, а разумная жизнь — не более миллиона. Мы вправе спросить, почему разумная жизнь возникла не раньше, если ее появление действительно так неизбежно, как об этом часто говорят. Мы не можем сказать, что это связано с изменением

физических условий на Земле, — они не настолько изменились, чтобы исключить появление разумной жизни, например, 200 млн. лет назад. Можно сказать, что появление разумной жизни требует прохождения определенных предварительных этапов эволюции — развитие многоклеточных животных, разделение функций между их органами, образование нервной системы, формирование конечностей типа рук и т. д.

Но все эти этапы были пройдены очень давно, по-видимому, около полумиллиарда лет назад. Ведь нельзя же считать, что в природе существовал один только путь развития разумной жизни — через хордо-

ленной, в ее хаосогенных областях, жизнь распространяется в ней. И так ли уж безумна мысль, что возникновение жизни в хаосогенных областях Вселенной означает рождение нового этапа развития Вселенной? Быть может, жизни, особенно ее высшим формам, суждено, активно расширяя и закрепляя область своего распространения, стать организатором Вселенной. Эта мысль нам кажется чрезмерной, по-видимому, по той причине, по которой нашим предкам, жившим всего лишь одну или две тысячи лет назад, показалась бы чрезмерной пророческая мысль о том, что человек будет организатором природы в масштабе всей планеты.

Но если оставить в стороне предположения о возможном значении жизни при дальнейшем развитии Вселенной и оставаться на почве достоверных знаний, то все же глубоко ошибочно говорить о явлениях жизни как о болезни стареющей материи. То, что Джинс называет старением материи, т. е. потерю высокой температуры и способности генерировать высокочастотное излучение, представляет собой результат накопления эффектов второго закона термодинамики. Мы знаем, что именно в условиях, создаваемых этим законом, возникает и развивается жизнь. Однако, если бы жизнь была болезнью стареющей материи, то она, как всякая связанная со старостью болезнь, должна усиливать распад и старение, т. е. углублять проявление второго закона термодинамики, ускорять переход свободной энергии в непревратимые формы. Но все, что в настоящее время мы знаем о жизни, говорит нам об обратном. Жизнь, закономерно возникая в хаосогенных областях Вселенной, преодолевая огромное сопротивление хаотической среды, тормозит и ослабляет переход свободной энергии в непревратимую энергию. Поэтому, если искать образное выражение функции, выполняемой жизнью, картинное описание ее объективной роли во Вселенной, то о жизни нужно говорить не как о «болезни стареющей материи», а как о «мужестве материи».

Мы позволили себе употребление таких выражений, как «болезнь стареющей материи» и «мужество материи», хотя это не научные тер-

вых к млекопитающим, приматам и до человека. Нам не остается ничего иного, как принять, что данный извилистый путь эволюции разума был во многом случаен и не обязателен. Мы вполне можем представить себе планету, где животных не будет совсем и жизнь будет эволюционировать, не выходя за рамки растений. Вспомним, что млекопитающие — наши предки — в течение почти 100 млн. лет (мезозойская эра) были незначительной группой, преимущества которой были не очевидны. И, возможно, если бы не погбили гигантские ящеры, на Земле и сейчас бы процветала мезозойская фауна.

Наконец, касаясь последнего этапа нашей эволюции, естественно вполне серьезно повторить известный детский вопрос: почему не все обезьяны захотели стать людьми? Мы сейчас объясняем само появление обезьян как приспособление к условиям тропического леса, а появление прямохождения и освобождения рук как приспособление к исчезновению леса. Как мало, очевидно, должны были отличаться от существующих географические условия на Земле, чтобы такого исчезновения леса не произошло и обезьянам не пришлось бы спускаться на землю.

А. А. Нейфах,
доктор биологических наук

мины, а, скорее, поэтические образы. Однако не только знаки и символы науки и абстрактные понятия, но также и поэтические образы могут быть носителями познавательной информации. Поэзия — тоже мышление, и притом способное дополнять науку в ее наиболее трудных и глубоких вопросах.

Такой образной характеристики, как «мужество материи» или «мужество природы», жизнь заслуживает не только за сопротивление живых существ хаосогенным явлениям в окружающей их среде, но также и за свои внутренние свойства. Несмотря на то что существование — высшая субъективная ценность всех живых существ, в них заложена способность заботиться о поддержании жизни в целом и сохранении ее места в природе с большей силой, чем за сохранение индивидуального существования. Это достигается отображением объективной целесообразности в субъективных свойствах, желаниях и поведении живых существ. Подтверждением сказанного может служить хорошо известная способность человека и животных жертвовать собой при защите потомства. В тех случаях, когда потомство данного вида не нуждается в заботах породивших их организмов, возможна немедленная закономерная смерть живого существа после того, как им обеспечено воспроизводство вида. Например, многие насекомые погибают после откладывания яиц, а некоторые породы рыб — после икрометания. Это указывает, по-видимому, на то, что смерть запрограммирована в организме.

Смерть, сопровождаемая передачей потомству полезных свойств и надежным образом закодированной информации, полезна для жизни в целом как явления, развертывающегося во времени, так как открывает широкие возможности ее усовершенствования в процессе развития.

Если законами природы назначено жизни преодолевать последствия хаосогенных явлений действительности, то всякое возникшее в недрах самой жизни препятствие этому процессу мы должны рассматривать как ненормальность, как патологическое несоответствие происходящего назначению и смыслу жизни. Недостойны жизни мыслящие существа, осознавшие космическое назначение жизни и не стремящиеся его выполнять, не ослабляющие своим существованием и своей деятельностью хаосогенности действительности, а тем более ее усиливающие. Всякое ослабление жизни: развязывание войн, угнетение человечества голодом и нищетой, нежелание усовершенствовать природу и человеческое общество — подлежит самому суровому осуждению не только с общественно-политической точки зрения, но и с точки зрения естественнонаучной.

Границы жизни

Л. К. ЛОЗИНА-ЛОЗИНСКИЙ,
доктор биологических наук

Живое можно характеризовать как сочетание определенного материального субстрата и энергетических процессов, необходимых для обмена веществ, который отличается от обмена веществ в неорганической природе особой саморегуляцией и тем, что в живом организме биохимические процессы противодействуют рассеянию энергии (энтропии). В основе строения всех известных науке живых систем лежат сложные молекулы, или биополимеры, составляющие белки, нуклеиновые кислоты и углеводы. Помимо них в состав живого входят и более простые вещества, как, например, фосфорные соединения, вода и ряд других элементов. Пока не удалось предложить научно достоверную модель живого на иной основе. Особенности молекулярной и клеточной структуры живого и его функций качественно отличны от строения неживого субстрата, хотя на каких-то ступенях эволюции произошел переход от неживой органической материи к образованию живой системы. Следовательно, можно говорить о границах, отделяющих живую систему от неживой.

Нашей же задачей, в связи с проблемой жизни в Космосе, является выяснение границ живого, определяющих, при каких условиях внешней среды могут существовать организмы. Поэтому, если принять за модель живого организмы, обитающие на Земле, необходимо установить, какие условия ограничивают их существование. В настоящее время возникла специальная наука — экзобиология (или астробиология), которая разрабатывает вопросы, касающиеся жизни вне Земли. Исследования в этом направлении ведутся в СССР и за рубежом. Мы остановимся на исследованиях, которые проводятся в Институте цитологии Академии наук СССР.

Живые существа прежде всего нуждаются в условиях, при которых они могут черпать энергию для жизнедеятельности и получать вещества для построения сложных органических молекул. При этом особенно важную роль играют физические и химические факторы среды, в особенности температура, которая прежде всего определяет границы существования живого. Роль этого фактора изучена относительно хорошо.

Верхние температурные границы жизни определяются сравнительно просто. С повышением температуры в результате испарения усиливается потеря воды, без которой не могут протекать основные биохимические процессы и обмен веществ. При достаточно высокой температуре (обычно выше 40—50°) парушается деятельность ферментов, начинается разрушение белковых комплексов, возникают физико-химические явления, известные под названием денатурации и коагуляции. Однако встречаются низшие организмы, которые приспособились к жизни в горячих источниках с температурой 70—90°. Температуры выше точки кипения воды вы-

держивают лишь споры и другие покоящиеся формы, почти не содержащие воды.

Границы жизни при низких температурах менее определены, и их изучение представляет большие трудности. Если речь идет о том, при какой минимальной температуре живая система может сохранить жизнеспособность, т. е. не подвергнется необратимому разрушению и после повышения температуры начнет нормально функционировать, то на этот вопрос мы имеем ясный ответ — такая температура лежит около абсолютного нуля.

Уже давно было установлено, что некоторые низшие организмы выдерживают высушивание и охлаждение при любых низких температурах. В дальнейшем было показано, что среди столь высоко организованных животных, как насекомые, встречаются виды, выдерживающие замораживание. Замечательным примером служат зимующие гусеницы кукурузного мотылька, которые без высушивания могут переносить температуру —196 и —269° в замерзшем состоянии, твердом, как кристалл. Выдержанные в глицерине и в некоторых других веществах (этиленгликоль, диметилсульфоксид) клетки и органы позвоночных животных можно неопределенно долго хранить при этих сверхнизких температурах, несмотря на то, что часть воды в их теле превратилась в лед. После оттаивания они оказываются живыми, способными к росту и приживлению. При глубоком охлаждении в живых системах отсутствует обмен веществ, они находятся в состоянии анабиоза. Можно ли считать клетки и организмы в этом состоянии живыми?

Если мы обратимся к конкретным явлениям жизни на Земле, то увидим, что при наступлении неблагоприятных условий, связанных с сезонными изменениями климата, многие животные впадают в зимнюю спячку. У них происходит перерыв в развитии их активной деятельности, обмен веществ снижается до минимума, клетки тела становятся устойчивыми к холоду, и организм приобретает способность переносить очень низкие температуры, а иногда и замерзание. Временное понижение обмена веществ широко распространено, оно имеет приспособительное значение. В таком относительном анабиозе некоторые млекопитающие, например суслики, пребывают даже при температуре тела ниже нуля. Клетки их находятся в переохлажденном состоянии. У беспозвоночных животных температура жидкостей тела может быть на много градусов ниже их точки замерзания. Способность к переохлаждению, которой обладают животные, подвергающиеся низким температурам в природе, — одна из важных форм приспособления к холоду. Границы переохлаждения у насекомых, по нашим наблюдениям, лежат для некоторых видов около 50—60° ниже нуля.

Таким образом, прекращение активной деятельности не находится в противоречии с понятием живого, а лишь дополняет представление о жизни. Способность живых систем при неблагоприятных условиях среды переходить в состояние покоя и анабиоза чрезвычайно расширяет границы жизни и возможности ее распространения во Вселенной. Но температурные пределы, при которых наблюдается размножение, развитие, эволюция организмов, значительно уже. Только наиболее высоко-

организованные животные, которые в течение эволюции приобрели высокую температуру тела и совершенную терморегуляцию (гомойотермию), в известной степени стали независимыми от низких температур на Земле. Для всех остальных организмов температуры немного ниже нуля являются барьером активной жизни — животные переходят в состояние оцепенения. Вместе с тем даже в самых суровых условиях на Земле **есть жизнь**: в зоне вечного снега высокогорных районов, на островах Арктики, на Антарктическом материке и в полярных водных бассейнах, где жизнь процветает при температуре от 0° до -2° .

Недавно мы исследовали уникальное явление природы — участок вечной мерзлоты на горе Развалка на Северном Кавказе, образованный в результате выхода холодного газа из недр. При температуре от 0° до $-1,5^{\circ}$ в углублениях почвы и известняка развиваются многие виды червей, моллюсков, клещей, ногохвосток и других мелких насекомых. Ногохвостки — крохотные бескрылые насекомые, приспособленные к жизни на снегу, — активны при температуре немного ниже нуля, а среди мух, комаров и бабочек имеются формы, которые летают и спариваются на морозе (от -8° до -10°).

На Земле большинство организмов для энергетических процессов нуждается в кислороде, количество которого в атмосфере достаточно для высших организмов и превосходит потребности в нем у беспозвоночных животных и растений. При содержании кислорода в воздухе, в 10 раз меньшем, чем обычно, насекомые развиваются вполне нормально. Поставленные эксперименты показали, что сердечная и двигательная активность прекращаются у них лишь тогда, когда содержание кислорода в атмосфере падает до 1,0—0,8% (в норме воздух содержит 21% кислорода). У насекомых, живущих в горах на высоте 3200 м, пульсация сердца останавливается только при снижении атмосферного давления до 5 мм рт. ст., когда количество кислорода достигает 0,2—0,1%. Но среди различных групп беспозвоночных и одноклеточных организмов есть виды,

■ НА ГРАНИ ЖИВОГО И МЕРТВОГО

Изучение природы и репродукции вирусов по-новому ставит вопрос о материальных носителях жизни. Известная формула Энгельса о жизни как о форме существования белковых тел, которая обобщала наши знания о жизни, сложившиеся в конце прошлого столетия, требует пересмотра в свете данных молекулярной биологии и вирусологии, накопленных уже к началу нынешнего столетия. Действительно, при изучении механизма репродукции вирусов было установлено, что начальная стадия этого процесса завершается проникновением вируса в

клетку и освобождением вирусной нуклеиновой кислоты от белковых оболочек. И именно вирусная нуклеиновая кислота вступает во взаимодействия с клеткой, вызывая серию специфических синтезов, завершающихся формированием вирионов (зрелых вирусных индивидуумов). Поскольку вся генетическая информация закодирована в вирусной нуклеиновой кислоте, для многих вирусов удалось воспроизвести полный цикл репродукции путем заражения клеток очищенной вирусной нуклеиновой кислотой. Таким образом, на определенной стадии своего развития вирус представляет «голую» нуклеиновую кислоту, лишенную

которые нуждаются в еще меньшем количестве кислорода или могут существовать в анаэробных условиях.

Как показали наши исследования, простейшие животные — инфузории могут размножаться в атмосфере азота, содержащей всего 0,0005% кислорода, при условии непрерывного обновления газовой среды. Полное исчезновение кислорода вызывает гибель инфузорий так же, как и других животных. Следовательно, эти одноклеточные организмы для осуществления энергетического обмена могут извлекать необходимый для них газ, даже если в окружающей среде имеются только его следы. Низкое давление атмосферы, в пределах до 5—3 мм рт. ст., лишь незначительно снижает жизнедеятельность простейших. Замечательно, что те же инфузории, а также многие бактерии могли развиваться в наших опытах в атмосфере, содержащей 98—99% углекислого газа, но при его низком парциальном давлении, примерно между 15—70 мм рт. ст. Иначе говоря, атмосфера, подобная той, которая имеется на планете Марс, не является препятствием для жизни ряда организмов.

Таким образом, нет достаточных оснований считать, что, например, малое содержание кислорода в атмосфере Марса служит препятствием для существования на нем организмов.

Среди физических факторов, действию которых организмы могут подвергаться за пределами атмосферы Земли, в Космосе, важнейшее значение имеет ионизирующая и коротковолновая ультрафиолетовая радиация. Насколько радиация, излучаемая Солнцем, ограничивает существование живого в Космосе, сказать в настоящее время трудно. Это объясняется тем, что при безусловно мощном повреждающем эффекте этих видов излучений, особенно опасных для высших организмов, колебания чувствительности к ним у различных видов очень велики. Чувствительность зависит от стадии развития, физиологического состояния организма, состава химических веществ, количества нуклеиновых кислот в клетке и ряда еще неизвестных особенностей клеток. Если существуют организмы

белковых покровов, что справедливо для всех вирусов.

Но этим дело не ограничивается. Известно, по крайней мере, один вирус — липовирус, который и в зрелой стадии (в стадии вирионов) не имеет в своем составе белков или содержит незначительные их количества. Как следует из наименования, вирионы липовируса состоят из нуклеиновой кислоты, заключенной в защитную липидную оболочку. Наконец, ряд вирусов может находиться не на определенной стадии, а более или менее постоянно в таком состоянии, когда они представляют голую нуклеиновую кислоту, лишенную белковых покровов,

обычно будучи связанными с нуклеиновой кислотой клетки. По-видимому, в таком виде существуют фаги в лизогенной клетке бактерий и онкогенные вирусы в неопластически трансформированной клетке.

Эти представления о вирусах и послужили исходными данными для пересмотра формулы Энгельса. Они позволили определить жизнь как особую форму существования органической материи, основными субстратами которой являются нуклеиновые кислоты, белки и фосфорно-органические соединения. Существо жизни заключается в количественном и качественном возрастании генетической яв-

и клетки, которые погибают после облучения понижающей радиацией дозами в несколько сотен и десятков рентген, то простейшие, например инфузории, переносят до полмиллиона рентген, а эвглены до 1800 тыс. рентген. Указывают на еще большую устойчивость некоторых простейших и бактерий.

Широко распространено мнение, что коротковолновая ультрафиолетовая радиация убивает все микроорганизмы в космическом пространстве и жизнь невозможна на планетах, где ультрафиолетовые лучи не поглощаются озоновым экраном. В настоящее время вряд ли можно об этом говорить столь категорично. В самих организмах могут существовать и существуют экраны, не пропускающие короткие ультрафиолетовые лучи, например некоторые растительные пигменты и защитные вещества, ослабляющие действие этих лучей. Возможно, что одним из экранирующих веществ, встречающихся в покровах тела насекомых и ряда вымерших простейших организмов, является хитин. Об этом говорят наши опыты с насекомыми, которые подвергались много часовому облучению ультрафиолетовыми лучами большой интенсивности без всякого вреда для них.

Мы привели ряд примеров, касающихся факторов, ограничивающих существование живого как в состоянии пониженного обмена и анабиоза, так и во время активной жизнедеятельности. Однако для определения устойчивости к тому или иному воздействию недостаточно выяснить выживаемость данной группы организмов. Живое тем и отличается от неживого, что в нем имеются возможности приспосабливаться к новым, необычным условиям. Кроме того, на примере способности земных организмов и клеток переносить условия, с которыми они не встречаются в природе — температуры, близкие к абсолютному нулю, вакуум, мощные дозы ионизирующей и коротковолновой ультрафиолетовой радиации, видно, что живое обладает большим запасом «прочности». Поэтому естественно предполагать, что живые системы, моделью которых служат земные организмы, способны существовать при иных условиях, чем на Земле.

формации как меры упорядочения и сложения организмов. В этом смысле жизнь — выражение единства противоречий между энтропией среды и информацией живых организмов. Хранители информации — нуклеиновые кислоты, с появлением которых примитивные формы существования органической материи, связанные с белками, стали неотвратимо и необратимо развиваться от низших форм к высшим под воздействием условий среды и закона естественного отбора.

С появлением человека и человеческого общества жизнь достигла наивысшей формы, так как дальнейшее возрастание

информации уже связано не только с генетическим материалом, но главным образом с мыслительной деятельностью человека и развитием человеческого общества.

В этом определении имеются две части, одна из которых относится к материальным субстратам жизни, а другая — к главной сущности ее проявлений. Заметим, что сходные попытки определения жизни предпринимались еще в середине 30-х годов нашего столетия.

Но вернемся к небелковым стадиям или формам жизни, представленным вирусами, существование которых как будто бы отражает высказанное выше положение о

Возникает вопрос: как «защищается» живое от экстремальных воздействий, т. е. таких, к которым оно не приспособлялось в течение эволюции, и на каком уровне организации достигается максимальная устойчивость? В связи с этим изучалось влияние различных воздействий на биополимеры и составляющие их звенья. Можно предположить, что от прочности биомакромолекул, например от нуклеиновых кислот, нуклеопротеидов и белков, зависит устойчивость структур и функций клеток. Экспериментальные исследования показывают, что нельзя дать однозначного ответа. Так, в результате заморозания растворов химически чистых белков и нуклеопротеидов даже при такой не очень низкой температуре, как -10° , происходят значительные изменения в биополимерах, частично выпадающих в осадок. Вместе с тем для многих клеток и организмов эта температура совершенно безвредна. Их большая устойчивость в этом случае может зависеть от двух причин: наличия в клетках защитных веществ, препятствующих разрушению биополимеров, или от способности живой системы восстанавливать повреждения. В некоторых случаях восстановление может происходить в самих биополимерах вне организма.

По отношению к ультрафиолетовой и ионизирующей радиации биополимеры обладают большей устойчивостью, чем клетки. Для их разрушения вне организма требуется облучение огромными дозами, а в организме изменения биополимеров происходят при дозах на несколько порядков более слабых.

Среди широкого спектра ультрафиолетовых лучей Солнца наиболее опасна для клеток коротковолновая область, особенно около 254 нм, избирательно поглощаемая нуклеиновыми кислотами, дезоксирибонуклеопротеидами (ДНП) — важнейшим веществом клеточного ядра — и белками. При больших дозах излучения, начиная от $0,5 \cdot 10^8$ эрг/см² и выше, эти лучи изменяют вязкость, молекулярный вес и другие свойства ДНП.

трех главных субстратах жизни — нуклеиновых кислотах, белках и фосфорно-органических соединениях. На самом деле это не так, потому что вирусы являются строгими внутриклеточными паразитами, биосинтетические процессы у которых в значительной степени обеспечиваются клетками, где они паразитируют.

Вне клеток вирусы метаболически инертны, а существование их на определенном отрезке цикла репродукции или в определенном состоянии в виде голых нуклеиновых кислот предполагает, что они находятся в белковой среде клетки-хозяина.

Она-то и берет на себя вынужденную заботу защищать хрупкую нить чужой нуклеиновой кислоты и обеспечивать экспрессию заложенного в ней генетического кода.

Наши знания о нуклеиновых кислотах, этих химически активных биологических полимерах, делают маловероятным предположение о возможности их существования во внешней среде незащищенными белками или липидами. С другой стороны, одетые в белковую или липидную оболочку, нуклеиновые кислоты биологически инертны.

Лишь внутри клетки-хозяина разрешается это противоречие, так как именно

Клетки, облучаемые даже сравнительно небольшими дозами коротких ультрафиолетовых лучей, например $6 \cdot 10^5$ эрг/см², погибают не только от нарушения синтеза нуклеиновых кислот, но и от повреждения тонких структур и нарушения обмена. У нас изучали способности клеток восстанавливаться после облучения ультрафиолетовыми лучами и наличие у организмов защитных веществ и структур, препятствующих избирательному поглощению этих лучей. Если клетки после облучения дозой, которая в темноте вызывает гибель, подвергнуть действию видимых лучей, то они не только не погибнут, но у них не произойдет даже задержки деления — явление фотореактивации.

Вполне возможно, что на Земле до образования в ее атмосфере озонового слоя, не пропускающего до поверхности Земли коротковолновую ультрафиолетовую радиацию Солнца, у организмов существовали ферменты типа цитохромов или других, обладавшие способностью еще лучше восстанавливать клетки после повреждений, вызываемых ультрафиолетовыми лучами, чем ферменты современных организмов.

Следовательно, судить о границах жизни на основании существующих в настоящее время условий на Земле и приспособления к ним организмов не совсем правильно. Однако изучение процесса приспособления к экстремальным воздействиям на разных уровнях организации живого приближает нас к пониманию причин, определяющих границы жизни. Даже к такому необычному повреждающему воздействию, как коротковолновая ультрафиолетовая радиация, возможна адаптация (приспособление). Так, если подвергать инфузорий туфельек многократному облучению слабоповреждающими дозами, после которых они выздоравливают, в дальнейшем они переносят уже дозы, бывшие ранее смертельными.

Способность живого регулировать свои функции и их восстанавливать после нарушений, вызванных экстремальными воздействиями, является физиологической основой приспособления организмов к новым условиям среды.

здесь имеются структуры, обеспечивающие возможность сохранения целостности нуклеиновой кислоты и возможность экспрессии заключенного в ней генетического кода.

Таким образом, вирусы или определенные стадии их развития могут лишь условно быть отнесены к небелковым формам жизни, поскольку само существование нуклеиновых форм или стадий развития вирусов предполагает проявление ими жизнедеятельности в окружающей их белковой среде.

В. М. Жданов,

академик Академии медицинских наук СССР

■ ВОЗМОЖНА ЛИ «НЕБЕЛКОВАЯ» ЖИЗНЬ?

Во Вселенной органическая жизнь, если она вообще существует, может быть построена только на основе углеводородных соединений.

Поэтому всякого рода домыслы, что жизнь может быть построена на основе других элементов, что, например, роль углерода может выполняться кремнием, также четырехвалентным, но гораздо более редким элементом с совершенно другими свойствами, — все это должно быть признано необоснованной фантазией.

В. Г. Фесенков,

академик

Так, например, инфузории туфельки регулируют темп размножения, скорость которого, как известно, зависит от температуры: чем она ниже, тем меньше делений клетка прodelывает за сутки. Однако было установлено, что если температуру ежедневно менять от 22° днем до 10° ночью так, чтобы среднесуточная температура равнялась 16°, инфузории как бы не реагируют на низкую температуру (10°) и размножаются со скоростью, как при средней температуре 22°.

На процесс восстановления повреждений большое влияние оказывают внешние условия. Приведем такой пример. После охлаждения до -78° зимующие гусеницы кукурузного мотылька оставались обычно живыми в течение многих недель и даже месяцев, но не превращались в куколок, хотя мы их помещали в оптимальную для развития температуру (22—24°). Но когда оттаявших после замораживания гусениц поместили на месяц в холодильник, а затем в оптимальную температуру, то почти все гусеницы скоро окуклились, из куколок вылупились плодовые бабочки. Очевидно, процесс восстановления протекал лучше при температуре близкой к 0°, чем при 22°.

В процессе эволюции в результате приспособления к сезонным изменениям климата организмы приобретают высокую холодоустойчивость. На степень холодоустойчивости влияет температура среды в осенне-зимний период или условия закаливания в природе и в эксперименте. У очень многих организмов, как растительных, так и животных, закаливание осуществляется наиболее эффективно при длительном действии на клетки температур немного выше 0°.

Но особенно большое влияние на выживаемость организмов и их клеток при замораживании оказывает скорость охлаждения и скорость отогревания, или оттаивания.

Наибольший процент выживаемости у дрожжей, простейших и насекомых мы получали при средней скорости охлаждения несколько градусов в минуту. Пока клетки не достигли максимальной закалки, их лучше охлаждать ступенчато: сначала до -30°, а затем до -78° и ниже. Активные незакаленные почвенные черви — нематоды — лучше выдерживают температуру -196°, если их сразу поместить в эти условия, и погибают при медленном охлаждении.

Скорость отогревания может иметь еще большее значение, чем скорость их охлаждения. Для исследованных у нас дрожжей, нематод и насекомых наибольшая выживаемость получена при максимально быстром отогревании (получаемом в результате погружения замороженных объектов в горячую воду).

Не имея возможности подробно осветить столь неожиданные закономерности, укажем, что выживаемость клетки и организмов при замораживании зависит от характера кристаллизации воды — формы, величины кристаллов, образующихся внутри или вне клеток, а на характер кристаллизации влияют скорости охлаждения и отогревания. В связи с иными физиологическими особенностями клеток высших растений у них, как известно из литературы, выживаемость при глубоком охлаждении наблюдается при очень медленном охлаждении и столь же постепенном отогревании.

В случае облучения большое значение имеет его продолжительность (фактор времени) и мощность дозы. Например, если подвергнуть ультрафиолетовому облучению инфузорий сразу или растянуть действие той же дозы на несколько часов, получится совершенно различный эффект. При растянутом облучении, когда в единицу времени клетка поглощает меньше энергии, она не успевает восстанавливаться; после неоднократного кратковременного облучения процесс восстановления протекает лучше.

Приведенные примеры показывают, насколько разнообразны условия, от которых зависят границы существования живого. Эта проблема становится еще сложнее, если мы обратим внимание на то, что в природе организм подвергается множеству воздействий и их комплекс не является простой суммой составляющих природных факторов. Можно привести много примеров того, что реакция клеток и организмов на понизирующую и ультрафиолетовую радиацию неодинакова в разных условиях температуры, освещения, влажности среды, при разном составе газов. В случае отсутствия кислорода в среде и уменьшения количества воды в организме эффект понизирующего излучения снижается.

На Северном Кавказе нами обнаружены инфузории туфельки, живущие в горячем радиоактивном источнике, которые оказались более устойчивы к воздействию понизирующей радиации, высокой температуры и ряда химических веществ по сравнению с инфузориями того же вида из близлежащего обычного водоема.

Возможно, что «секрет» изменения устойчивости под влиянием комплекса факторов клеток заключается в характере изменений структуры биомакромолекул. Так, фотохимическое действие ультрафиолетовых лучей различно, когда ДНП облучается в жидком состоянии при обычной температуре и в замороженном виде при -78° . Более сильные изменения в этом случае происходят в замороженных растворах. Для «сшивания» цепочки макромолекул, разорванных замораживанием, требуется на целый порядок больше энергии ультрафиолетовых лучей, чем при «сшивании» в растворе. Разрывы цепочки происходили при большей дозе облучения, а «сшивание» — когда этот раствор снова облучался меньшей дозой. Ионизирующее излучение (γ -лучи) вызывало большие изменения в ДНП при облучении раствора, чем при облучении в замороженном состоянии, но действие ультрафиолетовых лучей на биологические объекты может быть сильнее, когда они заморожены. Накопление подобных данных позволит подойти к пониманию границ существования важнейших «кирпичиков» живого в условиях радиации и охлаждения.

Наконец, нельзя не остановиться еще на одном важном условии существования живого. Природа отличается от лаборатории тем, что в ней условия постоянно меняются, а в связи с этим и границы жизни зависят от степени приспособления живого к среде, например к таким космическим явлениям, как суточные, сезонные и другие изменения климата. Для определения границы жизни большой интерес представляют опыты по моделированию экстремальных условий на Земле и существующих на Марсе. Приведем в качестве примера одну из наших работ с инфузорией кольпода.

Эти микроскопические одноклеточные животные, обитающие в почве, подвергались постепенному высушиванию, в результате чего они переставали двигаться и размножаться и покрывались плотной оболочкой, образуя цисту покоя. После этого они выдерживались при -78° (в некоторых опытах до -196°) в течение нескольких часов. Затем среда отогревалась, из цист выходили активно плавающие инфузории, которые с повышением температуры начинали размножаться. Опыты показали, что весь цикл развития при этих условиях может уложиться в марсианские сутки (близкие к 24 часам), но с каждым последующим циклом инфузорий становилось меньше. Следовательно, марсианские условия оказались не вполне благоприятными для этого вида, что и можно было ожидать. В последующих опытах сроки между повторными замораживаниями и высушиваниями были увеличены до 48 часов; при этом продолжительность активной жизни увеличилась до 27 часов. В результате количество инфузорий не уменьшилось, а благодаря интенсивному размножению возросло в десятки раз. Опыты с охлаждением велись и при обычной атмосфере и в разреженной, давление которой было ниже, чем на Марсе.

Дальнейшие исследования покажут, какие земные организмы могут акклиматизироваться в условиях Марса. Наука с каждым годом накапливает все больше и больше фактов, свидетельствующих о том, что жизнь может протекать в совершенно необычных условиях. Границы живого все расширяются, и нужны специальные поиски, эксперименты, с помощью которых можно получить более полное представление о сущности жизни. Исследования распространения и условий существования организмов на Земле не только не закончены, но, как нам кажется, вступают в новую фазу.

До сих пор на Земле мало изучены области, неблагоприятные для жизни большинства организмов, например: недра Земли, глубины океанов, жизнь на Антарктическом материке, на льдах и подо льдом, в пещерах и подземных озерах, в водоемах особого химического состава и термического режима, с различной радиоактивностью и т. д.

Другой путь исследования границ жизни — изучение возможности размножения, развития организмов в различных условиях среды, создаваемых искусственно, регулируемых и изменяющихся по заданной программе. Многочисленные опыты, поставленные в специальных камерах, в которых моделируется климат планеты Марс, показали, что целый ряд бактерий, дрожжей, водорослей и даже примитивных животных и высших растений могут существовать при том газовом режиме, атмосферном давлении, малой влажности и температурах, которые известны на Марсе. Правда, это только начало исследований в этом весьма перспективном направлении.

Первые шаги эволюции

А. Г. ВОЛОГОДИН,
член-корреспондент АН СССР

По геологическим данным, подкрепляемым абсолютной геохронологией, известно, что возникновение простейших форм жизни — археобионтов и протобионтов — произошло, по-видимому, 3600—3000 млн. лет назад, поскольку датой в 2700 млн. лет до н. э. уже характеризуются некоторые находки остатков многоклеточных синезеленых водорослей (например, в районе Кривого Рога на Украине, в отложениях трансваальской серии докембрия Южной Африки) в сопровождении явных бактериальных образований. Органические остатки оказались там представленными сгустками карбонатного и графитистого материала в виде образований различной формы. Поэтому верхнюю границу образования первичных форм жизни ныне следует «отодвинуть» в прошлое за пределы 3000 млн. лет.

Следующими по данным абсолютного летосчисления можно признать находки органических остатков в слоях беломорской серии Кольского полуострова, в нижнем протерозое Карелии (в слоях ладожской серии). Они оказываются представленными достаточно хорошо оформленными одноклеточными формами — оболочечными и безоболочечными, а также остатками нитчатых водорослей. Интересны находки Д. Холла, Дж. Мэтью, Ч. Уолкотта в слоях докембрия Северной Америки, представленные так называемыми строматолитами и другими формами проявлений жизнедеятельности микроскопических синезеленых водорослей. В последние годы подобные исследования продолжались Е. Баргхоорном, П. Е. Клоудом, В. Шопфом и другими. Эти исследователи изучали кремнистые образования возраста около 2000 млн. лет из района Верхнего озера близ границы Канады и США и выявили интересные остатки одноклеточных форм и нитчатых водорослей.

В СССР поиски остатков организмов в породах докембрия оказываются еще более успешными. Особенно в этом отношении интересны территории Карелии и Кольского полуострова, где широко развит нижний и средний протерозой. К прежним находкам в пределах соседней Финляндии остатков *Coricium enigmaticum* Седергольма ныне удалось добавить такие же образования из района Северо-Западного Приладожья в сопровождении массы остатков организмов, в числе которых обнаружены представители губкообразных, медузоидов, а также остатки синезеленых и других водорослей.

Нижний протерозой Советского Союза в отношении органических остатков еще очень слабо исследован. Даже выделение пород осадочного происхождения часто встречает затруднения из-за высокого их метаморфизма. К тому же в его составе, как на Кольском полуострове, так и на Украине и в большинстве горных районов Сибири, преобладают вулканогенно-туфогенные образования. Органическая жизнь водных сред в то

время была представлена по преимуществу еще одноклеточными формами, на что указывают бактериальные структуры джеспилитовых железных руд, пиритизация песчаников и кварцитов. Мир микроорганизмов был уже активным и на суше, где он обуславливал интенсивное разрушение коренных горных пород с образованием мелкозема. Последнее более эффективно проявлялось в непосредственном соседстве с водорослями, продуцировавшими свободный кислород. В общем же преобладали условия, стимулировавшие развитие анаэробных (бескислородных) форм жизни.

Автору удалось обнаружить в конгломератах верха криворожской серии докембрия Украины (имеющих абсолютный возраст не менее 2000 млн. лет!) остатки водоросли, описанной под названием *Protospirga ukrainea* Vologdin (рис. 1), очень напоминающей современную водоросль пресных вод *Spirogyra*. Обнаружены и другие остатки организмов, пока еще недостаточно изученные. Остатки водорослей найдены также и в пределах молдавского Приднестровья. Особенно интересны остатки организмов в слоях нижнего протерозоя Северо-Западного Приладожья в Карелии (в районе г. Сортавалы). В черных кристаллических сланцах ладожской серии был обнаружен сложный комплекс остатков организмов, из состава которого пока описаны представители синезеленых водорослей — *Ptilophyton makarovae* Vologdin, *P. ovale* Vologdin и губкообразные — *Ladogaella variabilis* Vologdin (рис. 2).

Биосфера в раннем и среднем протерозое была еще бескислородной. Поэтому при диагнозе осадков железоза и марганца накапливались лишь в закисных формах. Известно, что современные железобактерии представлены видами, способными проявлять жизнедеятельность в различных температурных диапазонах: от 1 до 2°C, от 15 до 16°C и т. д. Какие из видов железобактерий встречались в том далеком геологическом прошлом, судить пока невозможно. Анализ изотопного состава по кислороду и сере в дальнейшем, вероятно, позволит решить этот вопрос.

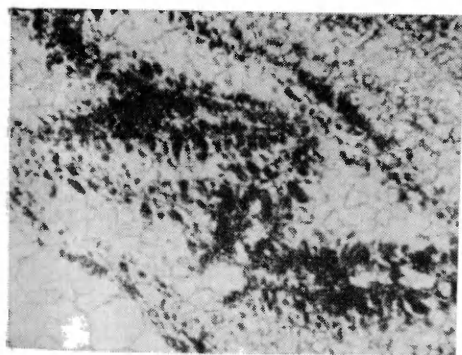


Рис. 1.
Остатки водоросли, найденные в докембрийских слоях (возраст не менее 2 000 млн. лет)



Рис. 2.
Остатки древнейших губкообразных организмов

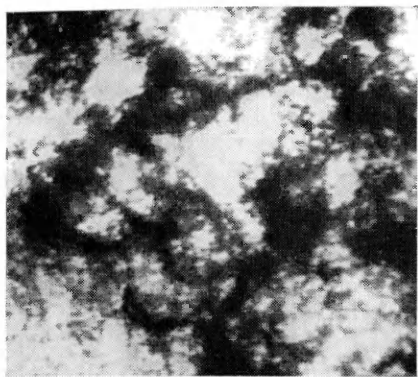


Рис. 3.
Остатки фораминифер

Средний и верхний протерозой почти повсюду, где он выходит на дневную поверхность, характеризуется более значительным участием в его составе пород осадочного происхождения, в частности карбонатных, явно связанных с бассейнами морского типа, заливами и лагунами.

В Карелии, в онежской серии протерозоя выявлены уже три горизонта с остатками породообразующих водорослей. Породы всех трех горизонтов представляют собой самые настоящие ископаемые морские рифы, несомненно формировавшиеся в нормальных морских условиях. Известные в Карелии своеобразные горные породы, отличающиеся высоким со-

держанием углерода — шунгиты, могут быть связаны с древним битумообразованием за счет вещества фитопланктона.

Протерозой почти всюду в мире выражен мощным развитием в его составе нормальных морских отложений, частью лагунных, с проявлением местами осадочного железного оруденения в виде бурых бактериального происхождения железняков.

В отложениях докембрия остатки организмов в верхнем протерозое (в основном водорослей) оказываются весьма нередкими, хотя исследователям не всегда удавалось раскрывать особенности их морфологии и биохимии. Выделялись также остатки микрофауны, представленные скелетами радиоляций, фораминифер, спикулами губок, отпечатками многощетинковых червей, гидромедуз, представителей ракообразных животных и т. д.

В протерозойских образованиях Карелии обнаружены остатки многообразных водорослей, в числе которых можно предполагать даже предковые формы корралинацев, остатки низших ракообразных, близких к остракодам, но отличающихся огромными размерами раковин, и целый ряд других органических остатков.

В древнейших слоях Судет в Польше и в пределах Чешского массива Западной Чехословакии удалось открыть несколько десятков местонахождений органики, относимых примерно к среднему и верхнему протерозою. Важно отметить, что слои Пльзенской области местами весьма насыщены остаточным органическим веществом, в той или иной степени превращенным в битумы и графитизированным. Из организмов здесь удалось выявить несколько десятков видов водорослей в сопровождении остатков фораминифер (рис. 3), брахиоподобных организмов и даже цефалоподобных.

Верхнеморской протерозой в пределах Северной Евразии оказывается всюду весьма богатым остатками организмов, в основном водорослей. В ряде районов Востока СССР ископаемые водоросли сыграли, по-видимому, крупную роль в продуцировании органических веществ, частично

сохранившихся в отложениях, частично пошедших на формирование нефтегазовых месторождений. К позднему докембрию было отнесено более 80 видов, принадлежащих к ряду семейств и отрядов.

В Северной Америке, Азии, Австралии и в Центральной и Северо-Западной Африке в позднепротерозойских отложениях местами установлено массовое развитие строматолитовых карбонатных пород, долгое время не привлекавших к себе серьезного внимания палеонтологов. Эти образования признавались за возможные продукты жизнедеятельности водорослей, но чаще изучались лишь по внешней форме (конической, цилиндрической, сфероидальной и т. д.). Между тем с помощью прозрачных шлифтов и значительных увеличений даже в некоторых типах плотных карбонатных пород исследователям удается обнаруживать огромное разнообразие остатков микроскопических водорослей (рис. 4), в основном синезеленых, реже красных.

Породообразующая деятельность некоторых водорослей местами была огромной. В условиях мелководий и прогибания земной коры они развивались с образованием карбонатных свит мощностью до 2000—3000 м при годичном наложении толщиной в 0,1—0,2 мм.

Удалось установить цикличность их годичных элементарных наслоений (рис. 5) в виде одиннадцати наслоений в цикле, что дало возможность подсчитать длительность жизни некоторых видов водорослей. Сравнение объемов биомассы современных синезеленых водорослей за сезон вегетации с позднепротерозойским временем показывает значительное сходство. Из этого можно сделать вывод, что за последние 1,5 млрд. лет солнечная радиация не проявила заметного спада.

В породах терригенных, того же геологического возраста, что и позднепротерозой, за последние годы удалось открыть остатки различных беспозвоночных животных. В частности, в Верхнем Саяне в 1965 г. были обнаружены отпечатки примитивных целентерат — Hydrozoa из отряда

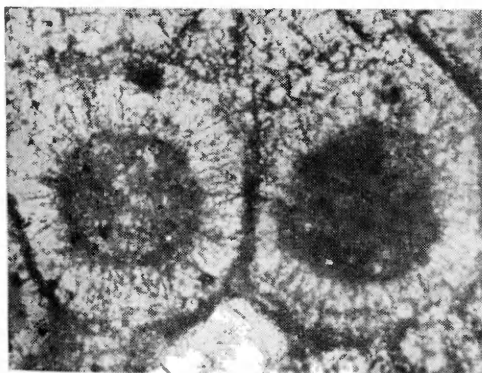


Рис. 4.
Остатки микроскопических водорослей
(верхний протерозой)

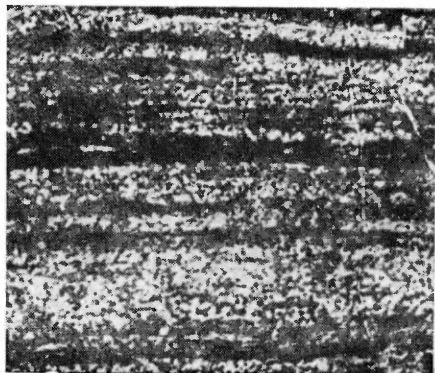


Рис. 5.
Циклические наслоения, порожденные
породообразующей деятельностью
древнейших водорослей

брукселлид — *Sajanella arshanica* Vologdin. Там же, у поселка Аршан Тулунского района Иркутской области, были найдены остатки хелицеро-вых из отряда *Prohelicerata* Stormer (1944) — *Iyaia sajanica* Vologdin, *Caragassia karassevi* Vologdin, *Ikeyia tumida* Vologdin, отличающиеся крупными размерами. Они приурочиваются к слоям, возраст которых определяется в 640 млн. лет. Этим панциреносным организмам сопутствовали черви группы сабеллитов и трудноопределимые водоросли. Ныне почти не встречаются геологические образования, в которых бы не удавалось выявлять фоссилизированных бактериеподобных телец размером 0,5—1,0 мк. Их можно наблюдать только под микроскопом при увеличении 1500 и выше.

В общем ходе исследовательских работ над геологическими образованиями, к сожалению, еще мало внимания уделяется геологической микробиологии. Между тем еще в 20-х годах в Геологическом комитете ВСНХ Б. Л. Исаченко производил опыты по изучению роли микроорганизмов в геологических процессах.

При поисках следов бактериальной деятельности в далеком геологическом прошлом удалось обнаружить их не только в породах палеозоя, но и в породах докембрия. Так, отчетливые фоссилизированные окислами железа бактериальные структуры наблюдаются в железных рудах Кольского полуострова и Кривого Рога. По существу это было открытием остатков железобактерий нижнепротерозойского возраста. Подобные структуры были открыты также и в ряде других районов СССР (Казахстан, Восточная Сибирь). Пластовые железные руды Курско-Воронежской магнитной аномалии несомненно имеют такое же бактериальное происхождение. Интересно, что в шведских железных рудах месторождения Кирунавари всегда присутствует в количестве около 5% органическое вещество типа битума, которое настолько постоянно, что даже учитывается в экономике металлургического процесса.

В отложениях протерозоя, представленных обломочными породами, нередко включения пирита. Иногда такие породы наблюдаются в большом развитии на значительных площадях, и их можно понять лишь как осадки бассейнов с сероводородным бактериальным заражением, развивавшимся на растворенных сульфатах. Точно так же скопления гипса и кальцита в древних толщах дают указание на деятельность древних бактерий.

П. А. Православлев еще в 1923 г. обращал серьезное внимание на вопрос о происхождении «немых» морских илов, признавая их за образования бактериального происхождения. Упомянутые выше исследования Б. Л. Исаченко над денитрифицирующими бактериями озера Севан, осуществляющими там осаждение известкового ила с высвобождением в состав среды свободного азота, вполне раскрывают главнейшие условия формирования карбонатных илов в морях и океанах в различные геологические времена.

Следует отметить, что в составе не только архея, но даже и в катархее, в частности, Кольского полуострова, а также Восточного Саяна, хребта Хамар-Дабан, Анабарского массива и т. д. выявлены мраморы. В некоторых разновидностях сильно мраморизованных докембрийских известняков в тонких прозрачных шлифах под микроскопом удается обна-

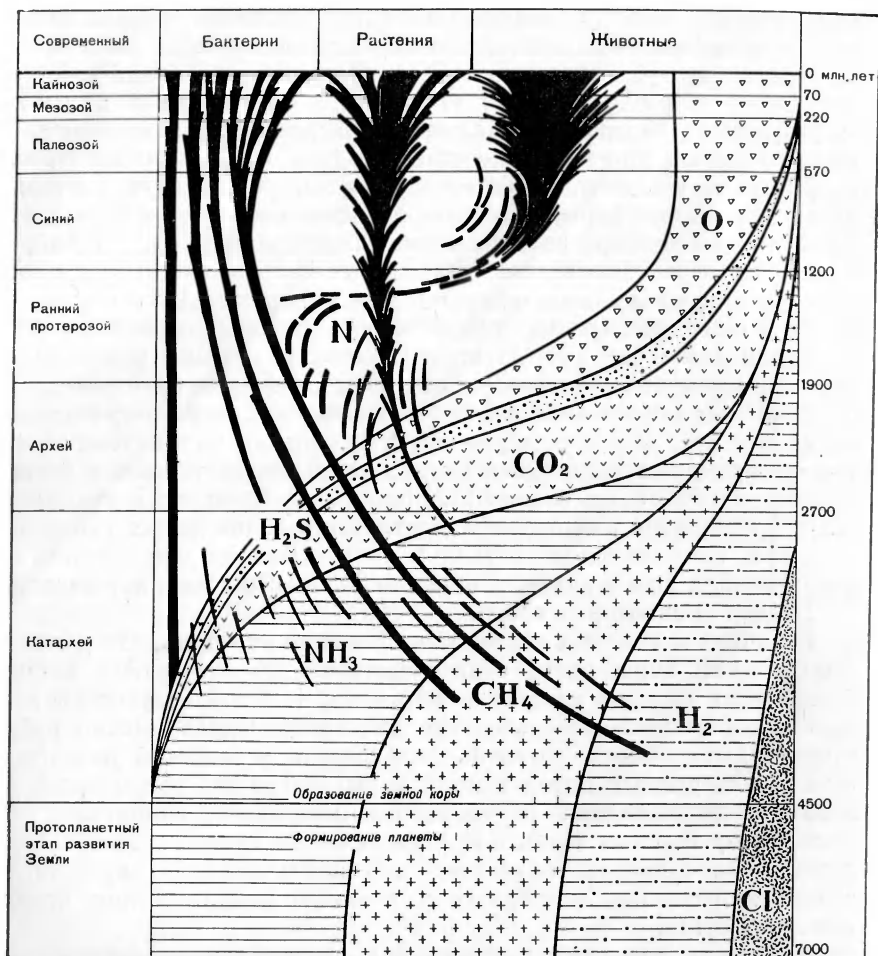


Рис. 6.
Эволюция среды и жизни на Земле

руживать обуглероженные тела бактериальной формы и размеров, которые, возможно, принадлежат бактериям, обусловившим развитие карбонатных отложений.

В позднедокембрийских и палеозойских бокситах железный компонент всюду оказался оформленным в бактериальные структуры.

Таким образом, оказалось, что осадочные образования докембрия изобилуют остатками бактерий. Как известно, исследователи ископаемых спор обнаруживают в таких породах нередко комплексы спорообразных форм. При этом нередко их формы похожи на простейших животных. Так, Б. В. Тимофеев в 1966 г. в слоях древнейших осадочных образований нашел большое разнообразие форм спороподобных остатков. Хотя истин-

ная природа этих образований не вполне разгадана, найденный комплекс остатков организмов представляет большой интерес.

Поскольку древнейшая атмосфера Земли представляла собой смесь газов (по-видимому, водорода, углекислого газа, метана и аммиака), то современные автотрофные бактерии — водородные, метановые, пропановые, азотные и др., использующие эти газы в качестве источников энергии, приходится считать весьма древними. Развившись на компонентах древнейшей атмосферы, подобные бактерии еще в архейское время могли создавать в биосфере запасы сложных углеродных соединений, которые, будучи преобразованными в битумы, во многих районах мира обеспечили и обеспечивают промышленную нефтегазовую обширных площадей местами с огромными запасами этих полезных ископаемых.

Древнейшие зеленые автотрофы, вероятно, были ровесниками древнейшим бактериям, поскольку состав хлорофилла не сложнее белков и нуклеиновых кислот близких типов. Палеонтологические указания на развитие водорослей в докембрии весьма обильны. Строматолиты и онколиты, своеобразные известковые тела, часто изобилующие в составе древнейших карбонатных отложений, при ближайшем их изучении оказываются продуктами жизнедеятельности микроскопических синезеленых водорослей. Свою породообразующую геологическую деятельность эти водоросли начали еще в архее, т. е. около 2650—2700 млн. лет назад.

Подведем некоторые итоги.

По данным полевых исследований можно отметить, что докембрийские слои земной коры часто свидетельствуют об отсутствии концентраций полуторных окислов железа и марганца, т. е. об отсутствии в древнейшей биосфере запасов свободного кислорода. Одновременно наблюдается относительно высокая степень разрушения и местной дифференциации вещества коренных пород земной коры. Часто это выражалось в образовании кварцитовидных песчаников и кварцитов, глинистых сланцев и глин, превращенных затем в кристаллические сланцы, сложенные минералами алюмосиликатного состава. Это нелегко без представления об активном развитии почвенных и почвенно-биологических процессов на выступах суши.

Наряду с остатками водорослей в позднепротерозойских отложениях местами находят остатки радиоляций, фораминифер, губок, полихет, археоциат, брахиопод и древнейших представителей ракообразных.

Находки так называемых чарний в отложениях докембрия Англии и Австралии, относимых к возможным кораллам, а также открытие ксенуциона в отложениях протерозоя Швеции, категорически противоречат представлениям некоторых исследователей об отсутствии панциренозных организмов в столь отдаленное геологическое время.

Граница между докембрием и кембрием ныне не оказывается столь резкой в отношении следов органической жизни, как это казалось еще недавно и как это подчеркивается некоторыми исследователями еще теперь.

Нужно отметить, что накапливающиеся материалы по истории развития органической жизни в докембрийские времена ныне охватывают огромный временной диапазон. На этом этапе формы органической жизни

или сохраняли свои исходные микроскопические и субмикроскопические размеры (мир бактерий), или проявляли способность к образованию многоклеточных организмов с приобретением одновременно относительно более крупных размеров.

Обобщая материалы о развитии организмов на Земле в далеком геологическом прошлом, автор попытался отразить этот процесс на графике с показом этапов времени в едином масштабе и общего хода эволюции трех основных разделов живого вещества планеты — бактерий, растений и животных (рис. 6). Судя по всему, жизнь на Земле возникла около 3500 млн. лет назад. Она зародилась в результате естественных процессов преобразования основных компонентов древнейшей атмосферы в контакте с минеральным веществом земной коры, притом первоначально в мельчайших ее формах.

Несомненно, что многие планеты рано или поздно в своем развитии порождают жизнь, если, конечно, этому способствует вещественный состав коры, атмосферы и соответствующее поведение подкорковых масс. Таким образом, нельзя не признать жизнь закономерным и распространенным явлением в Космосе.

Следы жизни в докембрийских слоях и поиски жизни в Космосе

М. КАЛВИН, Д. БОЙЛЕН, Ю. МАК-КАРТИ,
У. ВАН-ХЕВЕН (США)

Классическим подходом к пониманию эволюционной истории Земли было исследование ископаемых остатков, при котором морфологически распознаваемые существа можно расположить в хронологической последовательности, намечающей путь эволюционного развития с самых ранних времен. Это было частью методики, принятой еще Дарвином.

В известный период геологического прошлого, примерно 600 млн. лет назад, в начале докембрийской эпохи, морфологические остатки фактически исчезают. Сейчас, с ростом наших биохимических познаний и с появлением аналитических приемов, позволяющих описать в мельчайших подробностях тонкую молекулярную архитектуру отдельных молекул, из этого тупика найден выход. Поиски следов жизни в самую раннюю эпоху истории Земли продолжают не только на морфологическом, но и на молекулярном уровне. Эта методика, принятая сейчас геохимиками-органиками, применяется для доказательства существования форм жизни в докембрийских осадочных породах, насчитывающих 3 млрд. лет. Применение критериев, пригодных для поисков докембрийской жизни, к поискам жизни в Космосе — это только логичное расширение метода.

Методика геохимиков-органиков основывается на следующих предположениях: некоторые молекулы, обладающие характерным структурным скелетом, достаточно устойчивы к разрушению на протяжении длительных периодов геологического времени. Специфичность их структуры объясняется уже известными биосинтетическими процессами. Вероятность же их образования в результате небиологических процессов ничтожна. Такие соединения обычно называются биологическими вехами или химическими ископаемыми. При этом нужно искать соединения, являющиеся типичными для современных нам живых организмов: нуклеиновые кислоты, белки, аминокислоты, органические пигменты, углеводы и липоиды. Все они удовлетворяют требованию специфичности структуры, но только липоиды и в меньшей степени класс органических пигментов, таких, как порфирины, способны уцелеть с самых ранних времен, как можно судить по их исходной структурной форме.

Среди липоидов доказательством наличия жизни в докембрийскую эпоху считается присутствие группы углеводов, структура которых основана на изопреновом остатке C_5H_8 . Сюда относятся особенно два специфических углеводорода: фитан, происходящий, как полагают, из фитоловой части боковой цепи в молекуле хлорофилла, и пристан, тоже происходящий из фитола и присутствующий в морских организмах; их искали в докембрийских отложениях. Их структурная схема, для которой ха-

рактерна одна метиловая группа CH_3 на каждые четыре атома углерода, остается утойчивой на протяжении длительных периодов времени; кроме того, нет убедительных доказательств, чтобы эти углеводороды могли образоваться небиологическим путем.

Для выделения и идентификации специфических органических соединений, присутствующих в отложениях, разработаны новые методы и видоизменены существующие, что позволяет применять их к малым количествам материала.

Внешние поверхности горной породы срезаются, чтобы удалить грубые примеси. Остальную часть промывают в растворителях и измельчают. Измельченный образец экстрагируют органическими растворителями, чтобы извлечь из него растворимое органическое вещество. Извлеченное органическое вещество разделяют на фракции, обычно кислую, щелочную и нейтральную; это делается в хроматографической колонне, в которой различные классы соединений проходят сквозь абсорбент с различными скоростями.

Полученные таким образом фракции можно разделить (иногда после химического превращения в соответствующие производные) на отдельные мелкие фракции, пропуская их через газо-жидкостный хроматограф. В газо-жидкостном хроматографе смесь соединений, превращенная в пары и смешанная с газом-носителем, соприкасается со специфической жидкостью на инертном субстрате. Смотря по характеру и структуре соединений, они в различной степени растворяются в этой жидкости. Так как струя газа-носителя проходит последовательно через несколько участков с поглощающей жидкостью, то очевидно, что компоненты смеси будут проходить эти участки с различной скоростью. Если применять несколько различных жидкостей с различными поглощающими свойствами, то можно в конце концов выделить отдельные соединения в чистом виде.

Полученные таким образом отдельные соединения можно подвергнуть различным спектроскопическим определениям: например, инфракрасной, ультрафиолетовой и оптической спектроскопии, а также спектроскопии по магнитному резонансу ядра и масс-спектроскопии. Количества, получаемые для этих целей, невелики — от 50—75 до 1—2 микрограммов. Для таких очень маленьких количеств наиболее удобным методом является масс-спектроскопия. Образец ионизируют и расщепляют его молекулы на осколки. Распределение этих осколков по массе является специфическим и составляет «отпечаток пальцев» данного соединения. В последнее время оказалось возможным сочетать газовую хроматографию с масс-спектроскопией, объединив оба прибора так, что соединения, выходящие из хроматографа, поступают прямо в ионизационную камеру масс-спектрометра и собирать их отдельно не нужно.

В процессе всех операций нужно очень тщательно следить за тем, чтобы избежать загрязнения вытяжек. Типичными веществами, легко вызывающими загрязнение, являются лабораторная пыль и кожный жир (например, с пальцев). Тщательная работа и часто проводимые контрольные опыты показывают, что загрязнения можно избежать.

Мы исследовали значительное количество геологических образцов, чтобы определить в них органические соединения. Как сказано выше, осо-

бое внимание уделялось полиизопреновым соединениям. В своей лаборатории мы исследовали несколько докембрийских образцов, самый старый из которых взят из сланцевого месторождения в штате Миннесота. Мы смогли доказать присутствие там нескольких ациклических изопреноидов, включая пристан и фитан. Кроме того, имеются хорошие доказательства наличия стеранов и тритерпанов — они основаны на данных газовой хроматографии и масс-спектрографии.

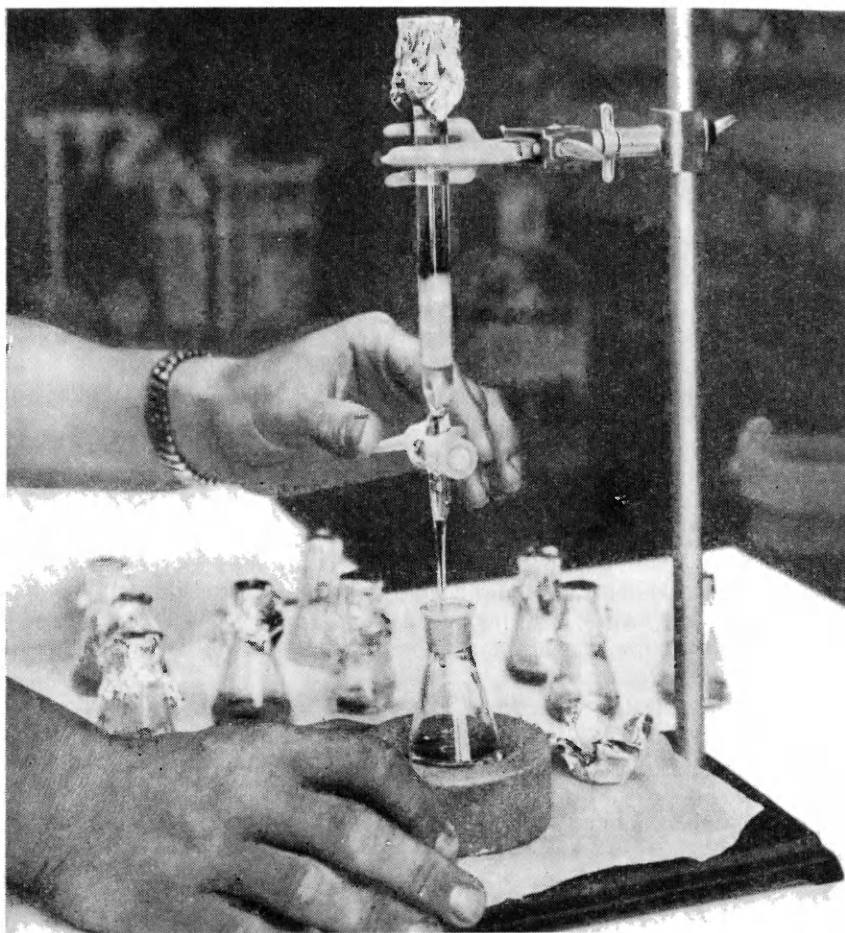
Изопреноиды найдены во многих геологических образцах, например в образце нефти из Австралии (200 млн. лет) и нефти из штата Мичиган (1 млрд. лет). Исследовано также несколько образцов «молодых» сланцев. В сланце Антрим из Мичигана (300 млн. лет) найдено много ациклических изопреноидов. В сланце из Грин Ривер в Колорадо (52 млн. лет) после тщательного исследования найдены не только ациклические изопреноиды, но и стераны. Недавно в этом же сланце обнаружен специфический стеран — гаммацеран.

Баргхоорн с сотрудниками сделали многое, чтобы установить с помощью электронного микроскопа наличие микроорганизмов в докембрийских отложениях. Они дали превосходное доказательство существования этих организмов в отложениях из Ганфлинта (1 млрд. лет) и из Биттер Спрингс в Австралии (1,2 млрд. лет). Они сообщали о подобных же находках в одной из формаций Свазиленда в Африке. Результаты геохимика-органика были подтверждены микропалеонтологическим доказательством распознаваемых морфологических остатков.

Имеются сообщения об обнаружении биологического вещества в метеоритах. Сообщалось, что в них найдены аминокислоты, порфирины и изопреноиды. Наличие этих соединений во многих случаях можно считать почти бесспорным, хотя происхождение их пока неясно.

Всякую геохимическую методику анализа древних отложений, пытающуюся обнаружить следы жизни в древнейшую геологическую эпоху, нужно оценивать с двух точек зрения: надежности полученных экспериментальных доказательств и значения выводов, делаемых из этих доказательств. Возможность загрязнения является постоянной угрозой для экспериментальных результатов. Из докембрийских систем обычно получают очень малые количества углеводов. Как доказано, некоторые углеводороды, в том числе пристан и фитан, присутствуют в образцах лабораторной пыли, в жировой смазке пальцев и в чистых растворителях. И присутствуют они там в тех же количествах, что и в докембрийских системах. Хотя эта проблема является для экспериментатора постоянной угрозой, ее нетрудно устранить, прибегая к определенным предосторожностям. Труднее — особенно в случае метеоритов — проконтролировать историю образца до того, как он попал в лабораторию. Многие метеориты подвергаются воздействию земных организмов, когда пролетают сквозь атмосферу Земли или когда лежат незащищенные на полках музея. Эта неопределенность снижает значение полученных результатов и оставляет вопрос о жизни в Космосе без ответа.

Наконец, если говорить об эксперименте, то нельзя переоценить важность точного определения структуры «ископаемых» молекул с помощью всех имеющихся у нас аналитических средств. В большинстве случаев



Эксперимент по хроматографии

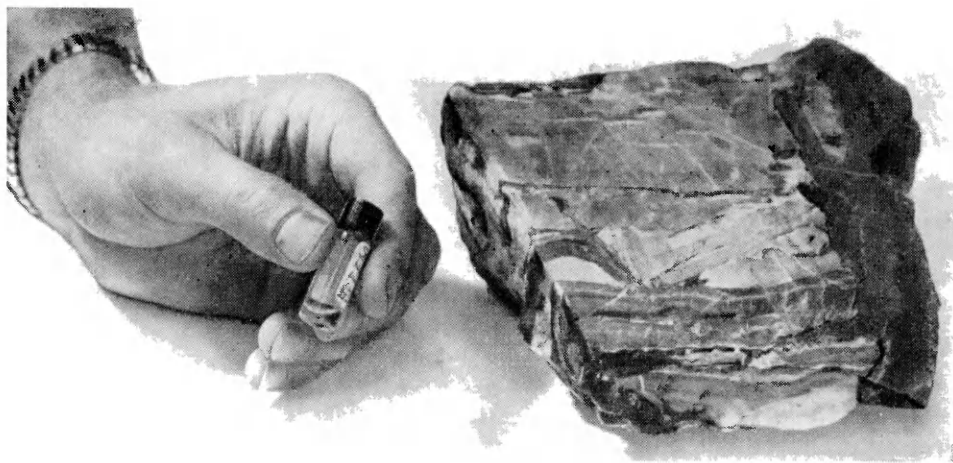
количества, с которыми приходится работать, так малы, что можно применить только газовую хроматографию и масс-спектрометрию. Однако если экспериментальные определения неточны, то сделанные на их основании заключения могут оказаться совершенно неправильными. Действительно, неоспоримая идентификация изопреноидных углеводов является основной предпосылкой, на которой построена дальнейшая дискуссия.

Согласившись условно с тем, что экспериментальные результаты надежны, нужно рассмотреть правильность выводов. В связи с этим можно вспомнить о споре, возникшем по поводу сланца из Миннесоты, имеющего возраст 2,7 млрд. лет. Характеристика изопреноидных углеводов и тетрациклических стеранов (например, холестерина) как специфического для

этих сланцев органического материала была подвергнута сомнению вследствие возможности миграции этого материала в сланцы из другого, более молодого источника. Фотосинтетические организмы предпочитают углерод-12 углероду-13, и степень этого предпочтения зависит от биологического источника данного углерода. Указывалось на различия в соотношении C^{13}/C^{12} между керогеном (нерастворимым органическим веществом) и растворимыми органическими веществами, извлеченными из миннесотского сланца. В других сланцах сходство между соотношениями C^{13}/C^{12} в керогене и растворимых веществах может указывать на общность происхождения. Предполагается, что нерастворимая фракция керогена не просачивалась в породу, как кероген, и поэтому в растворимом органическом веществе нужно ожидать того же соотношения, если оно происходит из того же источника. Но так как на точный механизм образования керогена не все исследователи придерживаются одинакового взгляда, то этот критерий нельзя считать бесспорным.

Другие доводы в пользу более поздней миграции основаны на термических данных миннесотского сланца. Формация, к которой он относится, подвергалась, как полагают, нагреву до $400^{\circ}C$; при таких температурах углеводороды разложились бы за сравнительно короткие сроки. Но точная температура и длительность нагрева опять-таки являются предположительными, и вопрос о происхождении углеводородов остается открытым. Случай с миннесотским сланцем показывает, сколько трудностей и неясностей возникает при попытке истолковать экспериментальные результаты.

Более фундаментальной и серьезной проблемой, подрывающей самые основы геохимической методики, является вопрос о том, не могут ли изопреноидные углеводороды образоваться небиологическим путем. Предполагается (хотя это еще не доказано), что пристан и фитан найдены в углеводородах, полученных по методу Фишера — Тропша, по которому

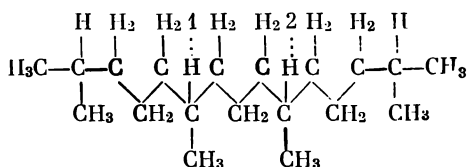


Экстракт педрокарбона, выделенного из метеорита

смесь углеводородов получается из окиси углерода и водорода в присутствии катализатора. Были также предположения, что изопреноидные углеводороды могут возникнуть при гидрогенизации графита, однако этот процесс еще нужно доказать лабораторно. Хотя возможность небиологического происхождения изопреноидных углеводородов отрицать нельзя, но никто еще не доказал ни одного такого процесса экспериментально. В настоящий момент эта проблема остается нерешенной.

Несмотря на точные аналитические методы, которыми сейчас располагает геохимик-органик, подлинный химизм пристана и фитана, выделенных из геологических источников, остается неизвестным, равно как неизвестной остается и его связь со стереохимией пристана и фитана из биологических источников. Одной из характерных черт живых организмов является то, что они могут синтезировать отдельные молекулы особым образом. Эта особенность выражается в оптической активности, т. е. в способности молекулы вращать плоскость поляризации света.

Возьмем случай пристана:



У этой молекулы есть два оптических центра 1 и 2; она может существовать в двух формах:

- а) молекула симметрична и поэтому лишена оптической активности,
- б) смесь двух зеркальных изображений одной и той же несимметричной молекулы.

Обе эти формы были синтезированы в лаборатории. Если бы в очень малых количествах (порядка микрограмм) их можно было разделить путем газовой хроматографии, то можно было бы и решить проблему происхождения пристана и фитана в геологических источниках. Нельзя ожидать, чтобы эти молекулы в рассматриваемой форме были синтезированы в абиогенном процессе. Кроме того, соотношение изотопов $\text{C}^{13}/\text{C}^{12}$ было исследовано для всех углеводородных фракций вообще, но никто не проследил распределение этих изотопов в пределах одного соединения. Нужно суметь найти, на каком именно углеродном атоме предпочитают фиксироваться эти изотопы в молекуле, выделенной из биологического источника, и посмотреть, соблюдается ли это правило в небиологических случаях. Недостатком обеих методик является то, что провести такие измерения очень трудно, но с развитием научной техники они станут более доступными. Тогда будет решен спор о биологическом или небиологическом происхождении этих углеводородов.

Как уже говорилось, в горных породах, насчитывающих 3 млрд. лет, найдены органические соединения. Накапливаются доказательства, что многие соединения биологического характера возникли в первичной атмосфере Земли до появления жизни, под влиянием различных форм энергии. Опыты, определяющие влияние ультрафиолетового облучения, теп-

лоты, радиоактивности или электрических разрядов на различные газовые системы, например на модель первичной атмосферы (CH_4 , H_2O , NH_3 , H_2), привели к созданию широкой гаммы биологически важных молекул — аминокислот, жирных кислот, пентозы, гексозы, полиаминокислот, нуклеозида, нуклеотидов и полинуклеотидов. Эти и другие синтетические процессы навели на мысль, что углеводороды, выделенные из некоторых отложений, могут иметь абиогенное происхождение. Вопрос о том, можно ли считать такие процессы источником органических материалов в инопланетных телах, очень важен.

Эта гипотеза может найти дальнейшее подтверждение, если мы рассмотрим происхождение звезд. В процессе ядерного горения молодая звезда, состоящая главным образом из водорода и гелия, проходит последовательно ряд стадий ядерного синтеза. Например, водород дает гелий, ядра гелия дают углерод, гелий и углерод дают азот и т. д. В результате получается тело, состоящее из элементов или сочетания элементов, в котором H, C, O и N занимают значительную часть. Определенные энергетические процессы могут в надлежащей среде привести к образованию многих синтетических органических продуктов, которые могут стать предшественниками жизненных процессов. А на поверхности Луны, возможно, существуют условия, способствующие их сохранению в исходной форме. Подобные соображения представляют собой сильный довод в пользу той гипотезы, что в образцах лунных пород могут найтись органические соединения, сходные с материалом из углистых хондритов, но свободные от загрязнений.

Разумеется, условия на Луне мало благоприятствуют такой жизни, какая имеется сейчас на Земле. Мы не можем обнаружить там систему растворителя для смешения органических соединений, а этот процесс необходим для возникновения жизни. Высокая плотность облучения, температурные крайности и высокий вакуум также, по-видимому, несовместимы с жизнью земного типа. Однако там может иметься изотермический слой с умеренной температурой, защищенный от излучений, но пропускающий достаточно света в области, необходимой для фотосинтеза. Если эти условия сочетаются с положительным давлением, создаваемым вулканическими газами, и со слоем вечной мерзлоты или другим источником воды, то на Луне можно предположить и биологическую активность. Возможно также, что когда-то условия на Луне были благоприятнее, чем сейчас, и жизнь там существовала. Теперешние низкие температуры и высокий вакуум — это подходящие условия для того, чтобы живые организмы сохранились сравнительно нетронутыми. Следует также учитывать, что критерии жизнеспособности или нежизнеспособности в Космосе могут быть другими, чем на Земле. Организованные системы, использующие материал и энергию для роста и размножения, для собственного сохранения и для поддержания целостности внутренних систем, могут обладать минимальными потребностями.

Таким образом, не исключено, что Луна окажется плодотворной областью для поисков биологических или предбиологических молекул. Зная количество, распределение и точную структуру органических соединений, мы получим информацию, помогающую нам понять происхождение и ис-

торию Луны, ее отношение к Земле и к остальному Космосу. Это зна-
весьма важно для определения того, существует ли жизнь на Луне,
ществовала ли она там когда-нибудь и может ли она там развиваться
будущем. Молекулярная методика дает гораздо более широкий подход
проблеме происхождения жизни и не зависит от того, существует
сейчас жизнь и связанные с нею процессы. При анализе образцов Л
можно применять методы обнаружения, выделения и выяснения струк-
туры органических соединений, разработанные для исследования доке-
рийских отложений.

В дальнейшем те же методы, вероятно, будут использоваться и
анализе образцов, доставленных с других небесных тел, где условия
гут оказаться для жизни более благоприятными, чем на Луне. Мо-
быть, на Марсе, где температуры более умеренны, а атмосфера, хот
разреженная, содержит воду и углекислоту, удастся найти какие-ниб
формы жизни. А это поможет нам определить, какие атрибуты зем
жизни существенны для живой материи вообще. Как бы то ни было :
литическая информация, полученная путем геохимического исследова-
внеземных образцов, и поиски молекулярной матрицы возможного би-
гического и предбиологического происхождения могут помочь нам на-
ответ на некоторые основные вопросы, касающиеся происхождения жи-
и ее связи с Космосом.

Распространенность жизни и роль разума во Вселенной

Ф. А. ЦИЦИН

Жизнь вне Земли, жизнь во Вселенной — как тема еще только входит в науку. Несколько лет назад говорить о ней в научном плане было «не принято», а теперь это — быстро развивающаяся (хотя не вполне еще оформившаяся и даже не нашедшая общепринятого наименования) отрасль науки на стыке астрономии, биологии, социологии, философии. В частности, от астрономии в этот «стык» наук упираются сами по себе очень широкие разделы ее: астрофизика и космогония, планетная и звездная астрономия, небесная механика, астрометрия и даже космология. Это — почти вся астрономия. Достаточно широко представлены в этом «стыке» и другие упомянутые отрасли науки. Космобиология (включившая в себя более узко понимавшуюся астробиологию) — отрасль науки со своими специфическими, исключительно широкими проблемами, своими методами — теоретическими и наблюдательными, своими трудностями и перспективами. Перспективы эти необъятны и захватывающи даже в случае реализации самого скромного и пессимистического варианта ожиданий и прогнозов.

Для суждения о возможности возникновения жизни на планете и — далее — распространенности жизни в звездной системе определяющее значение имеет характер представлений о процессе планетообразования. Очевидно, что концепции типа джинсовой космогонии автоматически приводят к представлению о чрезвычайной редкости жизни, независимо от вероятности возникновения жизни на планете, находящейся в благоприятных условиях.

В настоящее время в космогонии господствует представление о совместности процессов звездо- и планетообразования. Оно приводит к заключению о многочисленности планетных систем и даже почти обязательности наличия планетной системы почти у каждой звезды. В рамках этой концепции для оценки распространенности жизни уже необходимо рассмотрение факторов, анализ которых практически не мог качественно отразиться на результате в джинсовой космогонии. А именно, очень важны основные закономерности и пути планетообразования, во многом предопределяющие ответ на вопрос о распространенности планет, благоприятных для возникновения и развития жизни.

Согласно одной из конкурирующих концепций планетной космогонии (Койпер и др.), все планеты образуются практически с одинаковым начальным химическим составом, с огромным содержанием легких элементов (водород и гелий). Затем последние диссипируют, улетучиваются с планеты, с тем большей степенью, чем меньше ее начальная масса. При

этом предполагается, что внутренние планеты, хотя и имели начальные массы, в десятки раз превосходящие современные, потеряли практически все легкие элементы, а внешние планеты, с самого начала бывшие более массивными, потеряли не весь водород и гелий — они и сейчас составляют значительную долю их массы. Эта концепция приводит к существенному ограничению верхней границы масс планет, пригодных для жизни, поскольку существование жизни возможно на планетах лишь земного типа — это не единственно возможное и вместе с тем ограничивающее предположение, но для определенности мы не будем выходить за его рамки.

Гораздо перспективнее, видимо, альтернативная концепция (Л. Э. Туревич, А. И. Лебединский и др.), согласно которой внутренние планеты с самого начала имели малое содержание легких элементов, ибо образовались в близкой к Солнцу «горячей» зоне из «голых» пылинок, в то время как внешние планеты образовались из пылинок с намерзшими газами. Слабым пунктом этой концепции является то, что намерзание водорода на пыль в условиях низкого давления требует температуры, близкой к абсолютному нулю, какая, по-видимому, не достигается в протопланетном облаке (кстати, пылевой диск, из которого должны были образовываться планеты, как показывают расчеты, был настолько тонким в сравнении с диаметром Солнца, что мог «подогреваться» Солнцем «сверху» и «снизу» — это должно было еще более затруднить намерзание водорода на пыль). Что же касается гелия, то, как известно, при низком давлении он не может замерзать, сколь бы низкой ни была температура.

Таким образом, и эта концепция, по-видимому, не объясняет удивительно диспропорцию в распределении между внешними и внутренними планетами двух наиболее неравномерно распределенных элементов — водорода и гелия. Заметим, что в отношении менее летучих элементов и соединений эффект намерзания газов на пыль мог иметь место.

Представляется, однако, возможным следующее построение, не обладающее, по-видимому, недостатками обеих упомянутых концепций планетообразования при объяснении разделения планет на две группы. Пусть газ в протопланетном газопылевом облаке нигде не мог намерзнуть на пыль и был распределен с плотностью, пропорциональной плотности пыли, или даже с большей, чем у пыли, концентрацией к Солнцу, т. е. с относительным сгущением в области будущих внутренних планет. Если он концентрировался в области будущих внешних планет, наш описанный результат только усилится.

Рассмотрим две условные протопланеты, «внутреннюю» и «внешнюю». Пусть они начинают формироваться из пыли одновременно. Пусть, далее, скорость роста их также одинакова. Одинаковые ли образуются из них планеты? Оказывается, нет. Действительно, температура в зоне внутренней протопланеты должна быть больше температуры в зоне внешней. Поэтому, при прочих равных условиях, критическое значение массы, при котором планета становится способной удерживать газ, во внешней зоне должно быть меньше, чем во внутренней. Другими словами, внешняя протопланета при массе равной с внутренней начинает захватывать газ раньше внутренней. С момента начала захвата газа эффективный радиус

протопланеты резко возрастает. Это приводит к ускорению захвата также и «пыли». Плотность газа в области образований этой внешней планеты должна упасть вследствие концентрации его в формирующейся планете. Это должно привести к нарушению первоначально предполагавшегося равновесия вращающегося газового облака и к отсосу газа из внутренней зоны во внешнюю. В итоге может оказаться, что к моменту, когда растущая исключительно за счет собирания пыли внутренняя планета достигнет критического для ее расстояния от Солнца значения массы (т. е. станет способной захватывать газ), захватывать ей будет почти нечего. Весь газ уже может быть высосан из облака более «расторопными конкурентами» из внешней зоны... Поэтому дальнейший рост внутренней планеты будет продолжаться лишь за счет присоединения пыли (которая не могла отсасываться во внешнюю зону и не была увлечена перетекавшим туда газом).

В итоге мы приходим к картине образования планет типа Земли и типа Юпитера (во внутренней и во внешней зонах) в полном соответствии с фактами. Подчеркнем, что в данной концепции решающим моментом является учет фактора конкурентного захвата газов, при котором для объяснения возникновения планет двух типов уже не необходимо предположение о чрезвычайно низкой температуре внешней зоны (недостаточное даже в оригинальном варианте гипотезы Гуревича и Лебединского); достаточно просто падения температуры в облаке с расстоянием от Солнца.

Уменьшение масс планет и содержания водорода за Юпитером также естественно объясняется с точки зрения этой гипотезы. Плотность пыли не могла быть строго одинаковой всюду в протопланетном облаке, а, по-видимому, падала к его краям (внутреннему и внешнему). В отношении пары типа «Юпитер — Земля» этот фактор должен был привести к усилению рассматриваемого эффекта. Но по отношению к паре «Юпитер — Плутон» падение плотности пыли в протопланетном облаке от зоны первого члена пары ко второму должно было в какой-то мере ослаблять указанный эффект. Пусть при одновременности начала роста скорость роста «прото-Плутона» была за счет меньшей плотности пылевого диска меньше, чем у «прото-Юпитера». Несмотря на более низкую температуру в зоне «Плутона», «Юпитер» все же мог достигнуть критической массы раньше, чем «Плутон», и т. д. Это должно было привести к «ограблению» «Юпитером» и своих внешних соседей путем захвата газов из их зоны. Этим, по-видимому, и объясняется меньшее содержание легких элементов в «Плуtone» по сравнению с «Юпитером». Однако, как отмечалось, «грабить» внешних соседей было труднее, чем находившиеся в этом отношении в исключительно невыгодном положении внутренние планеты. У последних температурный и «плотностной» факторы действовали в одну сторону, а не в противоположные, как это должно было быть в отношении «заюпитеровых» планет.

С точки зрения развитых представлений внутренние планеты, какова бы ни была их масса и в окрестностях какой бы звезды они ни образовались, должны быть «землеподобными» по химическому составу. Это обстоятельство очень существенно при оценке вероятности того, что масса

планеты благоприятна для возможности возникновения и существования на ней жизни.

Каков бы ни был механизм образования нашей Солнечной системы, он, по всей вероятности, был типичным. Это позволяет с высокой степенью уверенности утверждать, что общие черты ее структуры должны быть характерными почти для любой планетной системы. По-видимому, в процессе образования любой планетной системы существенное значение имеет процесс осреднения хаотических движений в ходе объединения неких относительно малых элементов в более крупные тела. Однако, помимо этой качественной констатации, возможно установление определенной количественной характеристики, как можно думать, общей для различных планетных систем. А именно, рассмотрение зависимости масса планеты — эксцентриситет ее орбиты на примере планет нашей Солнечной системы для земноподобных планет позволяет сформулировать представляющееся весьма правдоподобным предположение: если масса планеты достаточна для удержания атмосферы, то эксцентриситет орбиты этой планеты должен быть мал.

Имея в виду сказанное, можно попытаться уточнить ответ на вопрос, как часты во Вселенной очаги жизни.

Существует мнение, что лишь одна из 10^5 — 10^6 звезд может оказаться солнцем обитаемого мира. Такая оценка вероятности обнаружения жизни в окрестностях наугад выбранной звезды дана в книге академиков А. И. Опарина и В. Г. Фесенкова «Жизнь во Вселенной» и получила широкое распространение. Авторы оценивают вероятность различных факторов, которые считаются необходимыми для существования жизни на планете. Полагая далее, что все эти факторы независимы, получают окончательную оценку перемножением их вероятностей. Рассмотрим соответствующие факторы и попытаемся уточнить их количественные оценки. Учтем также некоторые факторы, не рассматривавшиеся в книге «Жизнь во Вселенной».

1. В книге указывается, что для сохранения температуры в благоприятном интервале орбита планеты должна быть весьма близка к круговой (фактор малости эксцентриситета). Вероятность достаточно малого эксцентриситета оценивается в 0,5. Но, как отмечено выше, «фактор эксцентриситета» связан с фактором достаточной (для удержания атмосферы) массы. При подходящей массе планеты эксцентриситет ее орбиты должен быть достаточно мал. Однако эта зависимость авторами книги не учитывается, что приводит к занижению искомой вероятности. Учет наблюдаемой и очевидно неслучайной связи между массой планеты и эксцентриситетом ее орбиты и устранение предположения о независимости этих двух параметров дает для вероятности благоприятного значения эксцентриситета величину не 0,5, а практически 1,0.

2. Далее утверждается, что жизнь невозможна в системах кратных звезд. Орбиты планет в этом случае будто бы неизбежно отличаются чрезвычайной сложностью, что приводит к резким температурным колебаниям на планете. А так как по некоторым данным до 80% всех звезд входит в кратные системы, то вероятность жизни в окрестностях наугад взятой звезды за счет этого фактора должна быть уменьшена еще в 5 раз.

Однако категорическое утверждение о невозможности достаточно простых орбит планет в кратных системах не вполне точно. Такие орбиты (целые классы их), как доказывается в небесной механике, существуют. Среди них вполне могут быть и достаточно устойчивые. Так, в двойной системе близкие к круговым устойчивые орбиты могут существовать вокруг достаточно тесной пары как единого гравитационного центра; в случае же достаточно широкой пары такие орбиты могут существовать в окрестности каждого из компонентов. Планета, непрерывно находящаяся в благоприятной температурной зоне, может также располагаться в так называемой треугольной точке либрации.

В этом случае вся система вращается как слегка «пульсирующий» или жесткий треугольник вокруг общего центра тяжести.

Заметим, что системы более высокой кратности, как правило, имеют строение типа вытянутого треугольника, так что движение планет вокруг тесной пары тройной системы может лишь слабо нарушаться влиянием третьего компонента и т. д. Математически при этом возникает одно любопытное обстоятельство: если хотя бы одна планета с биосферой находится в системе n -кратной звезды, то этим обеспечивается существование жизни в окрестности сразу n звезд. Поэтому оценки вероятности обнаружения жизни в кратной системе должны входить в окончательный подсчет с n -кратно увеличенным весом. С учетом этих обстоятельств вероятность отсутствия планеты, благоприятной для возникновения жизни, в кратной системе должна быть существенно меньше 1. Оценивая ее равной 0,5—0,3, получим, что в окрестностях 50—70 звезд из каждых 100, входящих в кратные системы, может существовать жизнь. Соответ-

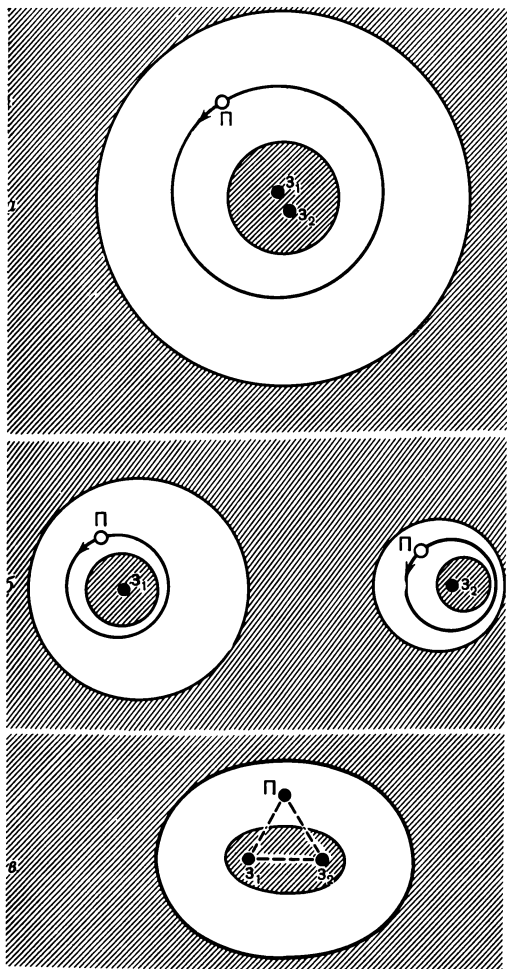


Схема расположения планетных орбит внутри благоприятных для жизни зон в системах кратных звезд. Заштрихованные области указывают зону неблагоприятной для жизни температуры (P — планета, Z — звезды)

венно в итоговую оценку вероятности за счет эффекта кратности звезд должен входить множитель не 0,2, а 0,6 — 0,8.

3. Вероятность того, что звезда не является слишком молодой, или слишком быстро изменяющей светимость (массивные звезды), или переменной, оценивается в 0,1. Однако имеющиеся статистические данные о числе подобных звезд показывают, что переменные, массивные и т. п. объекты скорее составляют не 0,9, а много меньше 0,1 населения Галактики. Далее, возраст Солнца и Солнечной системы составляет величину порядка 5 млрд. лет. Имеются данные, что уже 3 млрд. лет назад на Земле существовала жизнь. Таким образом, в нашем случае (на который мы только и можем опираться в количественных оценках) для возникновения жизни в окрестностях звезды оказывается достаточно примерно 2 млрд. лет, если не меньше. Поэтому если бы даже темп звездообразования в Галактике был неизменным с начала ее формирования (примерно 10 млрд. лет назад), то не 0,1, а 0,8 всех звезд были бы «достаточно старыми», чтобы в их окрестностях могла успеть появиться жизнь. Но, несомненно, из-за неизбежного постепенного истощения дозвездного вещества процесс звездообразования в Галактике со временем ослабевал. Поэтому слишком молодыми (образовавшимися в последние 2 млрд. лет) должны быть даже не 20%, а существенно меньшая доля звезд Галактики.

Итак, вероятность благоприятного для существования жизни значения рассматриваемого фактора равна не 0,1, а практически близка к 1.

4. Авторами книги вводится фактор, равный 0,1, учитывающий вероятность существования жизни на наугад выбранной планете около случайно выбранной звезды. Однако введения этого фактора не требуется. Действительно, в модели звездной системы, где около каждой звезды имеется 10 планет, из которых одна населенная, искомая вероятность обнаружения жизни в окрестностях наугад взятой звезды равна 1; введение же предлагаемого авторами книги фактора дало бы вопреки условию значение 0,1.

5. Наконец, как 0,01 оценивается вероятность того, что масса планеты не слишком мала (достаточна для удержания атмосферы) и не слишком велика (чтобы водород и гелий, составляющие, согласно концепции авторов рассматриваемой книги, большую часть начальной массы планеты, имели возможность диссипировать). Кстати, значительная величина силы тяжести на поверхности массивной планеты могла бы сама по себе оказаться фактором, не благоприятствующим возникновению и развитию живых организмов. Заметим, однако, что для планет земного типа значительная величина массы не могла бы препятствовать возникновению и развитию жизни. С одной стороны, сила тяжести на поверхности планеты растет существенно медленнее, чем ее масса: $g \sim (M/\rho)^{1/2}$ (g — ускорение силы тяжести на поверхности, M — масса, ρ — средняя плотность планеты), с другой стороны, — и это важно, — жизнь, почти несомненно, зарождается и достигает высокого развития в «среде без тяжести» — в воде. Укажем кстати, что у очень массивной планеты могут образоваться земноподобные спутники достаточной для удержания атмосферы массы. Что касается химического состава, то в соответствии со сказанным выше,

по самому механизму планетообразования химический состав внутренних планет, видимо, должен быть земноподобным. Таким образом, верхняя граница для масс пригодных для жизни земноподобных планет практически не существует.

Ограничение со стороны малых масс также, по-видимому, незначительно: действительно, у Земли и Венеры — более чем десятикратный запас массы в сравнении с минимально необходимой для удержания атмосферы. Также и рассмотрение вопроса о функции распределения момента количества движения кратных систем (в предположении непрерывного перехода от них к планетным системам) приводит к выводу, что лишь пренебрежимо малая доля планетных систем получает момент количества движения, недостаточный для образования внутренних планет, могущих удерживать атмосферы. Отсюда вероятность благоприятного значения массы планеты, по-видимому, мало отличается от 1. Значение 0,01 представляется резко заниженным и необоснованным.

В итоге для вероятности обнаружения жизни в окрестностях наугад взятой звезды вместо величины 10^{-5} и принятой «для страховки» 10^{-6} получается, при более строгом рассмотрении тех же факторов, число 0,5—0,8.

6. Заметим, однако, что введение в искомую вероятность «страховочного фактора» 0,1 само по себе при последующем рассмотрении находит полное оправдание. А именно, Э. А. Дибеем было указано, что поскольку звезды, ранее всего образовавшиеся в Галактике («первое поколение») и составляющие, по-видимому, около 0,9 ее населения, должны содержать очень мало тяжелых элементов, то около них, вероятно, не могут образоваться планеты типа Земли, состоящие в основном из тяжелых элементов. Это ограничение означает, что звезды, имеющие пригодные для развития жизни планеты, должны быть достаточно молоды, чтобы образоваться из среды, обогащенной тяжелыми химическими элементами, выбрасываемыми из недр некоторых взрывающихся звезд первого поколения. Это условие и вводит в искомую вероятность множитель 0,1.

7. Следует учесть могущий оказаться существенным фактор наличия карликовых звезд, составляющих, возможно, около 0,9 звездного населения. За счет них в итоговую оценку должен быть введен «множитель неопределенности» 0,1—1,0, поскольку неизвестно, могут ли в окрестностях этих звезд существовать биосферы.

С учетом всех этих семи факторов (перемножая приведенные вероятности их и слегка расширяя — из осторожности — полученный интервал значений) находим для искомой вероятности оценку порядка 0,1—0,001.

Разумеется, если звезда выбрана не случайно (если нам известно, например, что она одиночная, солнцеподобная и не переменная), то вероятность существования благоприятной для жизни планеты около нее может быть оценена с большей определенностью и уверенностью. Конкретно, в рамках проведенных выше рассуждений и оценок, она оказывается близкой к 1. Если жизнь возникает при благоприятных условиях почти во всех случаях, то и вероятность существования жизни около этой звезды будет близка к 1.

Таковы основные результаты рассмотрения вопроса о распространении жизни во Вселенной (а точнее, в звездной системе типа нашей Галактики). В принципе эти рассуждения и оценки могут быть перенесены и на случай звездных систем других типов. Однако в случае эллиптических галактик имеются некоторые особенности, заслуживающие того, чтобы быть специально отмеченными. А именно, в эллиптических галактиках вещество, выброшенное проэволюционировавшими массивными звездами первого поколения, быстро «падает» в центральную область системы и образует здесь звезды второго поколения. Еще быстрее образуются звезды третьего поколения и т. д. В то же время в галактиках, обладающих значительным удельным вращательным моментом (спиральных), смена поколений происходит не столь быстро из-за наличия поля центробежных сил, препятствующего быстрому достижению критической плотности веществом, выброшенным из звезд предшествующего поколения.

В результате в эллиптических галактиках химическая эволюция происходит быстрее, чем в спиральных, и условия для возникновения земноподобных планет у звезд эллиптических систем создаются в общем скорее, чем в спиральных. Поэтому можно думать, что в эллиптических галактиках жизнь возникает, при прочих равных условиях, быстрее, чем в спиральных. Соответственно в них, при одинаковом возрасте со спиральными, можно ожидать наличия более многочисленных и особенно более старых и развитых очагов жизни.

Заметим, однако, что в этих рассуждениях не учитывалось возможное влияние на процессы развития жизни на планетах звездной системы космогонических процессов галактического масштаба. Имеется в виду, например, активность ядер галактик, которая при определенном уровне и характере может быть фактором, как способствующим развитию жизни (обогащение факторов добиологической эволюции, усиление мутационного процесса), так и предотвращающим самое возникновение жизни («стерилизация» планеты чрезмерными дозами жесткого излучения, например).

Далее, из сказанного следует, что условия для образования земноподобных планет в эллиптической галактике создаются, в отличие от спиральных галактик, не в протяженной области в окрестности плоскости симметрии, а в относительно небольшой центральной зоне системы. Звездная плотность здесь может быть достаточно большой, чтобы оказались не пренебрежимо редкими тесные звездные сближения, возмущающие движение планет около соответствующих звезд. Это может нерегулярным образом нарушать условия, необходимые для возникновения и развития жизни на планетах, уменьшая вероятность существования жизни в ядерной зоне, т. е. и в эллиптической галактике вообще. Интересно, что это соображение было выдвинуто в применении к шаровому скоплению еще В. Гершелем более полутора веков назад.

Для оценки распространенности жизни важно определить вероятность возникновения ее на планете. Этот вопрос еще весьма неясен. Представляется правдоподобной мысль, что в благоприятных условиях жизнь рано или поздно «с необходимостью» возникает.

Строго говоря, любой мыслимый механизм возникновения жизни на

планете имеет вероятностную сторону, вероятностный аспект. Действительно, в зависимости от конкретных путей формирования и дальнейшей эволюции планеты условия на ней могут в различной степени благоприятствовать возникновению и развитию жизни. В качестве количественной характеристики меры благоприятности условий для возникновения жизни на планете можно ввести вероятность появления жизни на ней, скажем, в первые два миллиарда лет после ее образования. Ясно, что для разных планет вероятность эта может быть различной. Это может зависеть, например, от характера орбиты. Если орбита имеет значительный эксцентриситет, то в афелии ее, при существенном понижении температуры на планете, процесс предбиологической эволюции вещества может замедляться в сравнении с тем, что имеет место на аналогичной планете с почти круговой орбитой.

Вероятностная количественная характеристика меры благоприятности всей суммы факторов возникновения жизни на планете удобна уже потому, что позволяет оценить результирующее воздействие на возникновение жизни всей исключительно богатой, сложной и разнородной совокупности условий предбиологической эволюции на планете.

Вероятностная характеристика процесса возникновения жизни на планете имеет смысл еще и потому, что сам этот процесс может по своей природе реализовываться, прокладывая себе дорогу через последовательность независимых, случайных «событий» на планете. Таковым может быть, например, образование и достаточно длительное существование в той или иной части планеты обширных мелководных хорошо прогреваемых Солнцем водоемов, где условия предбиологической эволюции, видимо, наиболее благоприятны. В планетарных масштабах образование и исчезновение подобных водоемов — это детали геологической эволюции, в значительной степени случайные, зависящие от лишнего десятка-другого метров высоты порога, отделяющего мелководный бассейн от океана, и т. п.

В очень яркой форме роль фактора случайности в процессе появления жизни на планете можно проиллюстрировать на следующем примере. Существует точка зрения, согласно которой ход предбиологической эволюции на Земле существенно зависел от обогащения ее химического состава абиогенными органическими веществами, которые Земля получала при столкновениях с кометами. Ясно, что столкновения эти в каждом отдельном случае — события случайные. Но на достаточно большом интервале времени они приобретают черты процесса, протекающего с необходимостью. Вот условная модель такого процесса, позволяющая с наибольшей ясностью выявить диалектику случайного и необходимого в процессе возникновения жизни на планете. Представим себе, что для успешного протекания процесса возникновения жизни на планете необходимо и достаточно количество абиогенного органического вещества, приносимое одной кометой. В такой модели процесс столкновения с кометой может рассматриваться, для простоты, как нажатие спускового крючка, приводящее к «выстрелу» — появлению жизни на планете. Даже абстрагируясь от любых других случайностей, благоприятствующих или противодействующих возникновению жизни, в данной схеме процесс появления ее окажется

процессом стохастическим, случайным, зависящим от того, произошло или не произошло определенное единичное случайное событие (столкновение с кометой или, например, чисто условно,— возникновение «первой живой молекулы»).

Распространено мнение, будто подобная концепция «случайного» возникновения жизни неизбежно приводит к представлению о чрезвычайной редкости ее. В связи с этим утверждалось (И. С. Шкловским), что обнаружение, например жизни на Марсе, было бы решающим опровержением концепции случайного, независимого на различных планетах и у различных звезд, возникновения жизни. Однако подобное мнение основано на недоразумении. Вероятность необходимого для возникновения жизни случайного события в течение конкретного промежутка времени может быть охарактеризована каким-то вполне определенным числом. Пусть эта вероятность достигает, например, значения 0,5 за 10^8 лет. Тогда вероятность того, что на планете через 10^9 лет после формирования на ней допускающих возникновение жизни условий не будет жизни, окажется менее 0,001. Таким образом, эта случайность должна практически с необходимостью реализоваться за космогонически относительно небольшой срок. Лишь в случае, если вероятность необходимого для возникновения жизни случайного события становится близкой к 0,5 за время, значительно превышающее возраст средней звезды,— только в этом случае распространенность жизни при данном «случайном» механизме ее возникновения была бы в звездной системе весьма мала.

Итак, возникновение жизни в результате действия случайного процесса, при полной независимости его на разных планетах, вовсе не означает, что жизнь весьма редкое явление в Галактике. Доказательство существования жизни на Марсе, в рамках концепции независимого, «случайного» возникновения жизни на различных небесных телах, совместно с фактом существования жизни на Земле немедленно позволило бы заключить, что «постоянная времени» этого случайного процесса (характерное

■ РАЗУМ — ИСКЛЮЧИТЕЛЬНОЕ ЯВЛЕНИЕ ВО ВСЕЛЕННОЙ

Воображение людей издавна населило живыми существами всевозможные миры безграничной Вселенной. Позднее астрономия подтвердила подобную возможность, доказав, что наша Земля — лишь одна из планет Солнечной системы, а Солнце — одна из рядовых звезд. Поэтому представление о населенности разумными существами всех планет нашей Солнечной системы и других миров широко распространилось и долгое время не подвергалось никакому сомнению.

Что же можно сказать сегодня на основе собранных наукой фактов о распространенности в Космосе высших форм жизни вплоть до разумных существ?

Первые микроорганизмы появились на Земле только спустя 2—2,5 млрд. лет после образования ее как планеты; высшие органические формы существуют всего лишь сотни миллионов лет, т. е. довольно короткое время по сравнению с общим возрастом Земли; разумные же существа появились буквально в самую последнюю геологическую эпоху.

Но наша Земля — своего рода исключение. Она принадлежит к системе, в центре которой одно светило, а не несколько,

время возникновения жизни) космогонически невелика и жизнь должна быть широко распространена в Галактике. Заметим, что в рамках концепции типа панспермии (перенос зародышей с планеты на планету) обнаружение жизни на Марсе не означало бы, что это обычное явление в звездной системе. В отличие от любого варианта гипотезы панспермии, в рассматриваемом представлении никаких родственных, генетических связей между организмами различных миров не существует. Поэтому все формы сходства живых организмов различных миров должны объясняться исключительно явлением биологической конвергенции, т. е. эволюционным сближением морфологических признаков организмов разной природы, живущих в сходных условиях.

Хотя жизнь, по-видимому, очень распространенное явление в окружающей нас звездной Вселенной, это еще не означает, что и разумные существа могут быть встречены в каждом уголке Галактики. Необходимо подчеркнуть, что мы не знаем, насколько типичен был процесс, приведший на Земле к возникновению вида *Homo sapiens*; насколько закономерен, а в какой степени случайно и «удачно» было сочетание условий и изменений их, приведшее на Земле после нескольких миллиардов лет «бессознательного существования» к появлению разумных существ.

Решение вопроса о распространенности разумной жизни во Вселенной можно искать как на пути исследования самой природы разума, и на этой основе — изучения закономерностей возникновения и развития разумных форм жизни, так и путем непосредственных поисков присутствия разумных сил в окружающем нас мире. Заметим, что длительное необнаружение следов разумной жизни в Космосе не означало бы ее отсутствия или ее чрезвычайно малой распространенности. Мы слишком молоды и неопытны, чтобы быть уверенными в том, что можем правильно представлять себе тенденции и устремления «взрослого» человечества. Мы мерим на свой аршин, неизбежно приписываем нашим гипотетическим разумным «соседям» наш склад мышления, наши современные стрем-

как чаще всего бывает в нашей Галактике. Поэтому Земля может описывать вокруг Солнца простую, почти круговую орбиту, не слишком приближаясь к светилу и не слишком удаляясь от него. Это обеспечивает постоянный приток солнечной радиации в достаточном количестве. При незначительности массы Земли подавляющее количество легких газов — главным образом водород и гелий — могло в свое время отсортироваться в окружающее пространство, оставив элементы более тяжелые и тугоплавкие.

Кроме того, в период образования Солнечной системы межзвездная газо-пыле-

вая среда была уже обогащена первоначально отсутствовавшими тяжелыми и радиоактивными элементами. Без радиоактивных элементов, которые также вошли в состав вещества Земли, не могло бы произойти его значительного разогревания и даже частичного расплавления с образованием жидкого ядра и выделения из земных недр атмосферы.

Очень важно, что Земля при своем образовании в отличие от других планет могла получить очень большой запас вращательного момента. Быстрое вращение, первоначально составлявшее период всего 4—5 часов, при наличии жидкого ядра с его конвективными течениями повело

ления к широким контактам, ко все более глубокому проникновению в пространство. Мы экстраполируем себя на основании наших современных, еще очень неполных и недостаточных знаний о нас самих и предполагаем, что при этом получаем картину типичного человечества в «космической» фазе его существования. Условия, в которых существует жизнь на Земле, мы склонны считать типичными, а это, может быть, совсем не так.

Впрочем, мы, вероятно, не обнаруживаем проявления активности других разумных существ во Вселенной не потому, что высокоразвитые цивилизации начинают придерживаться доктрины своеобразного «космического изоляционизма». Возможно, дело в том, что разумные существа в Космосе все же очень редки или же мы просто не научились различать следы разума, хотя, может быть, давно с ними сталкиваемся. Как бы то ни было, совершенно необходимы поиски следов и проявлений «разумной жизни» в окружающем нас мире, в частности на нашей Земле. Это проблема поисков «чуда» — явления, которое не могло бы быть объяснено без предположения о деятельности неведомых нам разумных существ. Вопрос этот широко обсуждается, но, к сожалению, не всегда на высоком научном уровне. Тем более необходимо серьезно рассмотреть научные аргументы в пользу тезиса о существовании доказательств присутствия следов иного разума на Земле, в Солнечной системе, в мире звезд и даже галактик.

Отсутствие «чудес» (если они действительно отсутствуют, а не остаются просто незамеченными) может объясняться тем, что условия, в которых возникает и развивается типичная цивилизация, сильно отличаются от наших в сторону, резко затрудняющую космическое проявление жизни и тем более выход ее в Космос. Не исключено, что нам сильно повезло с сочетанием условий, благоприятствующих познанию Космоса и — далее — «овладению» им. Представим себе, например, планету, поверхность которой целиком покрыта водой. Как бы ни было высоко развитие ее обита-

к образованию сильного магнитного поля с недавно открытыми поясами радиации. Они окружают Землю на высотах в тысячи километров, служа ловушками для очень активных корпускулярных солнечных потоков и частично для первичных космических лучей, губительно действующих на неустойчивое органическое вещество.

Таким образом, наша Земля получила чрезвычайно благоприятные условия для развития жизни. И тем не менее должно было пройти не менее 2 млрд. лет (в течение которых происходило еще многократное обогащение земной атмосферы простейшими органическими соединения-

ми, привносимыми кометами), прежде чем на ней могли зародиться самые простые микроорганизмы.

Другие планеты Солнечной системы не обладали столь благоприятными условиями, и вопрос о жизни даже на Марсе или Венере сейчас не может быть окончательно решен.

Таково довольно неутешительное положение с проблемой жизни в Солнечной системе. Но наша Галактика включает около сотни миллиардов звезд. Очень возможно, что вокруг некоторых из них могут быть планеты, пригодные для обитания. Однако при решении вопроса о возможности существования на них ра-

телей, сколь бы ни заслуживали они эпитета *sapiens*, проявить себя в космическом масштабе им было бы невероятно труднее, чем нам.

Но пусть даже на планете есть суша. А что, если небо ее, как на Венере, всегда закрыто облаками? Много ли могут узнать о Космосе жители этой планеты? Насколько замедлилось бы развитие их цивилизации и по какому пути она бы пошла? Во всяком случае ясно, что сама задача межпланетного полета не могла бы быть поставлена, прежде чем было бы открыто само звездное небо, которое обитатели Земли созерцали еще миллиарды лет назад...

Существует ли вообще какой-нибудь один исключительный путь развития цивилизации, на который выходит в конце концов любое общество разумных существ, или же таких путей множество? Можно ли ожидать своеобразной конвергенции, схождения «содержания» цивилизаций (и, возможно, как функции этого — внешних биологических признаков разумных существ), или же разнообразие их ничем не ограничивается? Представляется более вероятным существование конвергентной эволюции независимых цивилизаций и их носителей — во всяком случае для тех цивилизаций, которые в конце концов выходят в Космос. В этой «среде» условия существования и противоборствующие «человеку» силы природы оказываются практически одинаковыми, независимо от того, происходит ли это около Солнца или в окрестностях какой-нибудь звезды в отдаленной галактике.

К. Э. Циолковский предвидел возможность биологической эволюции человека в Космосе в направлении описанных им «эфирных существ», свободно живущих в космическом вакууме и получающих энергию по тому же принципу, что и растения. Можно улыбнуться такой картине; но кто знает, не будет ли эта улыбка родственной тем, которые вызывала полвека назад сама идея межпланетных путешествий... Надо учитывать также, что «человек» как биологический вид может получить власть над собственной эволюцией и будет направлять ее по желаемому пути. Совпадают ли при этом желания и идеалы жителей различных миров?..

зумных существ нужно учитывать не только механические и радиационные условия, но и скорость протекания эволюции нашей Галактики как взаимосвязанной звездной системы.

Действительно, планеты, возможно, населенные разумными существами, можно искать только вокруг достаточно старых звезд с возрастом в 4—5 млрд. лет, так как зарождение и развитие жизни требуют очень долгого времени.

С другой стороны, подобные звезды не могут быть и слишком старыми.

Поэтому можно предполагать, что только ничтожная доля планетных систем мо-

жет быть пристанищем разумных существ.

Искать подобные существа в нашей огромной галактической системе — совершенно бесполезное занятие.

Таким образом, современная наука снова возвращает нас к представлению о фактической исключительности разумной жизни на Земле. Человечество — чрезвычайно редкое, удивительное создание природы, и относиться к нему нужно с должным уважением и бережливостью.

В. Г. Фесенков,
академик

Еще несколько десятков лет назад один проникательный англичанин предвидел время, когда человек сможет «включать и выключать звезды при помощи рубильника». Тогда это была голая экстраполяция растущего могущества человека. Сейчас уже нащупывают и обсуждают конкретные пути осуществления подобной перспективы... Недалеко, возможно, то время, когда в руках людей окажется энергия, сравнимая и превосходящая по мощности звездную. А затем человечество может оказаться решающей силой, определяющей эволюцию всей нашей звездной системы — Галактики. В итоге под контролем и управлением разумных существ различных галактик может оказаться вся Метагалактика, и разумная жизнь окажется уже космологическим фактором, определяющим пути развития материи во всех обозримых сейчас пространствах Вселенной...

Но тут мы упираемся в «старую» трудность — проблему «тепловой смерти». Неизбежным кажется заключение, что если окружающий мир переходит в термодинамически равновесное состояние, то и человеку придется «закруглять» историю и ставить точку... Так ли это?

В последние годы несколько оживились поиски «восходящей ветви» круговорота энергии, предсказанного Энгельсом, хотя тема эта, в отличие от темы «жизнь во Вселенной», пожалуй, все еще не вошла в круг тех, коими ученому прилично заниматься... Во всяком случае, трудно сомневаться в том, что тупик тепловой смерти — иллюзия, что круговорот энергии и, следовательно, принципиально пути управления им объективно существуют (сколь ни дискредитирована эта идея наивными и некомпетентными нападками на второе начало термодинамики, когда «очевидные противоречия» его с опытом усматриваются в самом факте концентрации энергии в живой природе, в процессе звездообразования и т. д.). Заметим, что системы и устройства, посредством которых круговорот энергии замыкался бы, были бы не чем иным, как «вечным двигателем второго рода» в точном смысле этого термина.

Представление о справедливости всюду во Вселенной второго начала термодинамики в формулировке «вечный двигатель второго рода невозможен» для широкой области явлений обосновано опытом, а на остальные системы и масштабы явлений экстраполируется (часто неявно, как экстраполировалось на область слабых взаимодействий сохранение четности). Попытки доказательства его не привели в общем случае к исчерпывающим результатам. Более того, с возникновением молекулярно-кинетической концепции термодинамики появилась перспектива не только обоснования второго начала термодинамики, но и — диалектически — идеи о возможной ограниченности справедливости его даже как постулата о невозможности вечного двигателя второго рода. Это — идея «максвеллова демона» и предположение о возможности концентрации флуктуаций (в системах с устройствами типа микроклапана). Распространено представление, что парадокс максвеллова демона был наконец-то устранен с помощью идеи теории информации (Сциллард, Бриллюэн, Винер и др.). Однако это представление ошибочно, так как вопрос остался открытым для наиболее интересного случая — «демона», ориентирующегося с помощью короткодействующих сил (по существу, тождественного молекулярному клапану).

Господствует, правда, мнение, будто невозможность нарушения второго начала термодинамики устройствами типа молекулярного клапана доказана еще Смолуховским и объясняется тем, что любое такое устройство в реальной Вселенной обладает собственными флуктуациями. Но анализ рассуждений Смолуховского обнаруживает в них ряд пробелов и неточностей. Основная ошибка — использование в качестве предпосылки постулатов статистической механики. Это приводит к порочному кругу, ибо исторически основания статистической механики как раз строились так, чтобы не противоречить термодинамике (т. е. и второму началу). С учетом этой и других ошибок оказывается, что остался открытым вопрос о возможности нарушения второго начала флуктуациями в динамически существенно нелинейных термодинамических системах (типа содержащих молекулярный клапан). Основная ошибка Смолуховского систематически воспроизводилась последующими авторами (в недавнее время, например, Ф. В. Бункиным, Р. Фейнманом).

Не исключена поэтому возможность неприложимости, при наличии флуктуаций, к системам с «клапаном» второго начала термодинамики и в формулировке «вечный двигатель второго рода невозможен». Это не противоречит справедливости второго начала для исследовавшихся до настоящего времени систем в достигнутых границах точности, поскольку среди изученных систем нет таких, в которых можно было бы ожидать увеличения эффекта до практически заметных величин благодаря аккумуляции его во времени или в пространстве — в каскаде. Единственное возможное исключение — биологические мембранные ультраструктуры. Но именно здесь есть ряд эффектов, не нашедших объяснения в рамках известных законов физики, — механизмы «активного переноса».

Эти выводы представляют особый интерес с точки зрения возможности и форм развития жизни во Вселенной. Если, например, управление круговоротом энергии может осуществляться в биологических микроструктурах (интересно, что еще Гельмгольц не исключал этой возможности; позже на нее указывали Борель, П. П. Лазарев и др.), жизнь оказалась бы существенно более автономной и по отношению к термодинамическим условиям среды, чем считается, и могла бы развиваться даже почти в равновесных темных и теплых недрах атмосфер полупланет-полузвезд и т. д. Далее, лишается основания заключение о неизбежном паличии у сфер Дайсона («улиток Покровского») термодинамических отходов в виде инфракрасного излучения. Единственным вынужденным проявлением такого обитаемого мира оказывается непрозрачность его оболочки. Во Вселенной может существовать множество высокоразвитых цивилизаций, которым термодинамически выгодно и доступно совсем не рассеивать энергию. Не потому ли мы не видим следов «другого разума» во Вселенной?..

Цивилизация, контролирующая круговорот энергии, в определенном смысле бесконечно более мощна, чем цивилизация любого счетного класса по Кардашеву. Она не только может стационарно существовать даже в термодинамически равновесной окружающей Вселенной, но и имеет возможность неограниченного расширения своего ареала, выводя из термодинамического равновесия неограниченно увеличивающуюся область Вселенной.

Космос и палеонтология

И. А. ЕФРЕМОВ,
доктор биологических наук

На заре космической эры, в эпоху бурного и пока еще неорганизованного развития науки многие ее отрасли подвергаются переоценке. Не избежала общей участи и палеонтология. С первого взгляда трудно уловить связь между дисциплиной, изучающей извлеченные из земных недр остатки жизни давно прошедших времен, и познающими бездны Космоса науками о небе.

Каждому искателю знаний, не говоря уже о палеонтологах и геологах, хочется помечтать о том, как отразятся на всех разделах науки, философии и просто индивидуальном миропонимании результаты палеонтологических раскопок на Марсе, Венере или, скажем, на планете звезды 61 Лебедя. Даже если планеты окажутся необитаемыми, то, может быть, пласты горных пород на их поверхности сохраняют остатки когда-то бывшей здесь и затем исчезнувшей жизни. Мы прочтем ее трагическую историю, заставив омертвелый мир раскрыть тайну катастрофы, стершей живую материю с планеты. На планетах, имеющих жизнь, но не населенных разумными существами, мы изучим древние окаменелости и, быть может, сможем понять причину, почему здесь не вспыхнула мысль.

Что касается миров, где есть цивилизации одного с нами уровня или более высокие, то их обитатели, без сомнения, проникли в глубь своей предыстории и при контакте с нами осветят путь исторического развития жизни, приведший к возникновению интеллекта, познающего природу и себя.

Каковы вообще могут быть жизненные формы не только на планетах отдаленных звезд, но и на соседях Земли по Солнечной системе? Не окажутся ли эти формы настолько непохожими на наши, земные, что, даже если они будут разумны, мы никогда не найдем их и тем более не поймем друг друга?

Традицией, установившейся в науке первой половины нашего века, когда появился серьезный интерес к астробиологии, ответ был негативный на все эти три вопроса. Тысячелетия антропоцентризма еще слишком глубоко пронизывали подсознательную сторону научного мышления, чтобы человек мог осознать сущность бесконечности пространства и времени и понять, что, признавая невообразимую глубину материального Космоса, нельзя не допустить существования бесчисленных центров жизни.

Астрономам, подобно Дж. Джинсу, утверждавшим, что появление планетной системы у звезды представляет собой редчайший случай, вторили биологи и палеонтологи, которые, как, например, Дж. Симпсон, считали появление жизни на любой планете, тем более жизни разумной, из ряда вон выходящей случайностью, вероятность повторения которой практически равна нулю.

Ортодоксальные дарвинисты доказывали, что путь органической эволюции абсолютно слеп, ибо подчинен только случайностям всемогущего естественного отбора, селектирующего случайные мутационные изменения в наследственных механизмах. Ортогенез, т. е. направленность развития жизни, неуклонно стремящейся к сложным, высокоорганизованным формам, вплоть до мыслящего существа, долгое время считался идеализмом. Поэтому естественным был вывод об уникальности, неповторимости эволюционного развития. Вторым логическим выводом было признание сильнейшего разброса в строении жизненных форм. Даже в одинаковых условиях следовало ожидать появления самых разнообразных, абсолютно непохожих друг на друга существ.

Если же среда жизни на других планетах отличается от земной в тех или иных параметрах, то при слепой, случайной эволюции разумная жизнь, обремененная в непредсказуемую форму и химический состав, не могла заведомо иметь ничего общего с земной. Некоторые малосведущие в биологии исследователи отстаивали возможность возникновения мыслящих существ в виде грибков или лишайников. Подобные взгляды на органическую эволюцию не оставляли надежды на существование обитаемых планет с мыслящими существами и отрицали возможность контакта с чуждым интеллектом обитателей иных звездных миров или даже планет Солнечной системы. Уникальность земной жизни порождала печальное чувство беспредельного одиночества и, если быть последовательным материалистом,— беспечности существования даже разумной жизни. Как всегда бывает при недостаточной зрелости концепции — она смыкалась с религиозным антропоцентризмом, рассматривающим человека как единственное в мире порождение божьего подобию.

Небывалый подъем научных исследований во второй половине нашего века существенно изменил прежние представления. Главным успехом науки явилась доказанная картина величайшей сложности мира и происходящих в нем явлений. Сложность, о которой не подозревали ученые-естествоиспытатели даже в начале нашего столетия и лишь философы-материалисты и прежде всего В. И. Ленин прозорливо предвидели ее.

Однолинейная логика рассуждений сторонников уникальности жизни и человека, как ее высшей мыслящей формы, рассыпалась под лавиной множества новых открытий. Первый основательный удар по концепциям уникальности нанесла еще в прошлом веке астрофизика, неоспоримо доказавшая, что Вселенная повсеместно, даже в самых отдаленных ее областях, едва достижимых для наших приборов, состоит из 92 основных химических элементов. Их количественное соотношение показывает преобладание одних элементов, таких, как водород, гелий, кислород, кремний, железо, и поразительно малую роль других. Мы еще не нашли причины этому и лишь догадываемся, что эти элементы как формы существования материи являются универсально устойчивыми в наиболее часто встречающихся фазовых условиях. По-видимому, распределение и элементарный состав гигантских скоплений вещества в Космосе не случаен.

Таким образом, 92 элемента Вселенной ограничивают набор возможных альтернатив в энергетике и временной протяженности живого вещества. На самом деле жизни приходится выбирать не из 92, а из гораз-

до меньшего количества элементов — не больше десятка. Поэтому количество ступеней, восходящих к высокоорганизованной жизненной форме, неизбежно должно быть жестко сужено. Это обстоятельство, лимитируя химические основы жизни, как будто препятствует частоте ее повторения. Это могло бы быть, если бы жизнь, наблюдаемая нами на родной планете, не использовала химически как раз наиболее распространенные элементы Космоса. Весь круговорот жизненных превращений проходит в пределах элементов, составляющих более 99% вещества Вселенной.

Дальнейшие успехи астрофизики опровергли уникальность Солнечной системы и показали, что планеты у звезд не так уж редки, а в аспекте бесконечности их число во Вселенной может быть чрезвычайно велико. Выявились закономерности в составе планетных атмосфер и их изменение во времени. По-видимому все первичные планетные атмосферы состояли из толстой оболочки легких газов и походили на атмосферы больших планет Солнечной системы — Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна. Утечка водорода, метана и аммиака в космическое пространство под действием лучевого давления и солнечного нагрева в конце концов, как это было на Земле, позволило солнечной радиации проникнуть в воды океана и на поверхность планеты, создав условия для фотосинтеза и затем для накопления свободного кислорода. В то же время первичная метаново-аммиачная атмосфера, насыщенная электричеством, при разрядах молнии могла продуцировать аминокислоты — эти первичные молекулы жизни. По другим взглядам, на заре существования земной атмосферы она имела значительное содержание цианистого водорода, также способствовавшего частому возникновению протоорганических соединений. Дальнейшая эволюция атмосферы планеты шла под влиянием развития растительной жизни — накопления свободного кислорода наряду со значительным утоньшением газовой оболочки.

Таким образом, сумма данных геофизики и астрофизики позволяет говорить о некоем едином первоначальном типе планетных атмосфер, ничем не мешающем возникновению жизни.

Уточнение данных о возрасте нашей планеты значительно увеличило прежние цифры. Есть основания считать, что возраст пород, слагающих древнейшие материковые щиты, близок к 5—6 млрд. лет. После этого не удивительным было открытие в древних осадочных породах этих щитов, в частности южноафриканского, явственных остатков жизни, имеющих возраст около 2,5 млрд. лет. Нет сомнения, что первичное появление начальных форм жизни — протожизни совершилось еще раньше.

Чудовищная продолжительность первичных этапов развития жизни на Земле позволяет понять, как могло произойти то поразительное усложнение органических структур в процессе эволюции, которое необходимо для существования даже простейших организмов. Вместе с тем древность жизни свидетельствует о несокрушимой устойчивости процесса во времени и столь же неуклонной его направленности на усложнение и усовершенствование биологических механизмов.

Еще одно из важнейших открытий второй половины нашего века — кибернетика (вместе с теорией информации) — сокрушило последние крепости антропоцентрического мышления.

Даже первые попытки создания саморегулирующихся и самосовершенствующихся систем позволили представить историческое развитие наиболее сложных животных форм. Вычислительные машины приблизили нас к пониманию действия мозга и сохранения в нем индивидуальной информации, а также впервые дали материалистическое объяснение инстинктам и рефлексам как информации, накопленной в течение исторического развития и закрепленной в наследственных механизмах. Вне всякого сомнения, во Вселенной действуют одни и те же законы нервной деятельности, по которым идет накопление информации и ее использование.

Фред Хойл обратил внимание на то, что вся информация, необходимая для построения такого наисложнейшего существа, как человек, собрана в одной клетке объемом немного больше 15 кубических микронов, состоящей почти целиком из ядра ДНК, каким является сперматозоид. Если «упаковка» и сохранение этой информации достигли такого совершенства, трудно допустить возможность систем, более законченных химически. По-видимому, мы имеем дело с одним из лучших достижений эволюции, несомненно использованным в главном потоке жизни во Вселенной. Можно быть поэтому уверенным, заключает Хойл, что формы жизни на других планетах близки к таковым на Земле.

Новейшие открытия точных наук и их применение в биологии приводят нас к представлению о жизни как неизбежной стадии развития материи везде, где существуют подходящие условия и прежде всего достаточная длительность, постоянство этих условий. Великое множество планет во Вселенной подразумевает вероятность обилия населенных миров, а то, что мы узнали о механизмах регулирования и управления, заставляет думать, что появление мысли, разумных существ есть также неизбежное следствие *длительного* развития живой материи.

Теперь посмотрим, что скажет нам палеонтология, т. е. фактическая документация пути исторического развития земной жизни на отрезке полумиллиарда лет — от древнейших достоверных остатков до наших дней.

Подобно истории человеческого общества, основывающейся на письменных документах, первые окаменелые остатки, могущие послужить для расшифровки строения древних организмов, принадлежат уже весьма сложным животным или растениям, вполне приспособленным к окружающей среде. Без всякого сомнения, это лишь вершина айсберга, выступающего над водой. «Вода» в этом случае — еще не менее 2 млрд. лет предыстории, в течение которых образовались все главные группы животных, а растения, вероятно, уже начинали осваивать сушу.

Гигантские пробелы в геологической документации, обусловленные закономерными перерывами в отложении осадков и размыванием ранее отложенных, весьма ограничивают наши возможности познания первых этапов завоевания суши как растениями, так и животными. Тем не менее сумма палеонтологических данных дает нам неопровержимую общую картину постепенного усложнения и усовершенствования растительных и животных форм по мере хода геологического времени. Лестница этого восхождения непрерывна и последовательна, несмотря на вымирание одних групп, расцвет других или угнетенное, скрытое существование третьих.

Вместе с тем характер палеонтологической документации таков, что еще в недавнее время он порождал представление о прерывистом, скачкообразном развитии жизни, о периодах расцвета, сменявшегося повсеместными катастрофами и массовыми вымираниями. Подобная картина возникла из-за непонимания особенностей хода эволюционного процесса. Приспособление к условиям существования путем естественного отбора мелких мутаций позволяло отдельным видам животных или растений (последних несколько в ином плане) процветать и обильно размножаться. В результате так называемая экологическая ниша, т. е. совокупность внешних условий обитания, заселялась все плотнее и плотнее, пока эта плотность не достигала критической точки.

«Ниша» — меткое название, подразумевающее ограниченность места, вовсе не обязательно географическую, но гораздо чаще чисто биологическую. За пределами ниши не было ни пищи, ни других жизненно важных условий для вида, приспособленного именно к этой области. Неограниченное размножение в результате успешного приспособления вызывало голод или эпизоотию и массовую гибель процветающего вида. Подобную же массовую гибель вызывало и небольшое изменение режима внешней среды, к которому узкоприспособленные виды с большой численностью особей очень чувствительны.

Массовая смертность обуславливала образование больших скоплений остатков, заставляя нас воображать чудовищные катастрофы. Ввиду общей пространственной разорванности палеонтологической документации частные случаи казались распространенными чуть ли не по всему земному шару. На самом деле эти случаи нисколько не отражались на других видах (кроме связанных кормовой базой с гибнущими) и вовсе не означали серьезных потрясений всей планеты.

Более того, неуклонное восхождение исторического развития от низших форм к высшим (считая высшими более сложные и более универсальные) вне всякого сомнения доказывает чрезвычайно длительную устойчивость среды обитания на поверхности Земли, отражающую постоянство радиации Солнца и спокойное состояние вещества в земных недрах. Особенно очевидно это для наземных организмов, не защищенных водой. Чтобы пройти путь от первичных рыбообразных позвоночных до высших млекопитающих, потребовалось около 400 млн. лет. За этот громадный промежуток времени Солнце ни разу «не подвело» наземную жизнь. Равным образом те триллионы километров, которые пролетела наша Земля вместе со всей Солнечной системой через пространства Галактики, не привели ни к каким губительным встречам. Хрупкие, чрезвычайно чувствительные в космических масштабах индикаторы — наземные животные и растения — неоспоримо свидетельствуют об этом, подтверждая, что звезды типа нашего Солнца и системы, подобные Солнечной, обладающей стабильностью, исчисляющейся миллиардами лет, т. е. они допускают развитие высших форм жизни.

Вторым, очень существенным фактом, наблюдаемым во всей великой истории жизни, является направленность ее развития. Эволюция не идет в любом случайном направлении, а приспособление к условиям существования на каждом уровне геологического времени (адаптивная радиа-

ция) распространяется лишь в определенных пределах. Всякое существенное усовершенствование организмов вызывает новую «вспышку» образования видов, во время которой экологические ниши заселяются новыми видами, лучше организованными, чем прежние, уничтоженные естественным отбором. Однако количество этих ниш на поверхности Земли ограничено. В результате появляется конвергенция, т. е. принятие разными организмами схожей формы, образа жизни, способа питания и характера поведения. Сходная форма раковин у разных по происхождению и эпохам жизни групп морских беспозвоночных, сходное строение свободно плавающих колоний граптолитов и сифонофор, разделенных сотнями миллионов лет существования, схожие формы трилобитов и мечехвостов — все это примеры конвергенции. Или, например, дельфины чрезвычайно похожи на морских пресмыкающихся ихтиозавров, но появились они на 150 млн. лет позже. Аналогичные змеям формы земноводных существовали уже в каменноугольных лесах около 300 млн. лет назад, а крокодилообразные земноводные имеют еще более почтенный возраст. С тех пор внешний облик крокодилов принимали неоднократно в разные геологические эпохи различные группы пресмыкающихся. Современные крокодилы — это довольно высокоорганизованные животные с почти четырехкамерным сердцем, сложной системой терморегуляции и глазами, которые адаптируются как к дневному, так и к ночному освещению.

Чем выше по лестнице исторического развития жизни поднимаемся мы, приближаясь к нашему времени, тем чаще и глубже конвергенция. Можно упомянуть об ископаемых Южной Америки, похожих на главные формы млекопитающих Старого Света, несмотря на полную разобщенность материков. Южноамериканские копытные, принадлежащие к совершенно особым древним группам, в процессе эволюции дали верблюдообразные, кабанобразные, лошадеобразные, даже хоботные формы, похожие на животных Старого Света. Например, южноамериканские литоптерны по строению ног («однопалости») ушли дальше наших лошадей, но у них менее совершенна зубная система.

Самым поразительным животным Южной Америки, найденным уже в очень позднее геологическое время, является тилакосмилус, повторивший во всех чертах строение саблезубого тигра — смилодона, но принадлежащий к совершенно иному, низшему подклассу млекопитающих — сумчатым. Сумчатые Австралии тоже повторяют главные группы выших млекопитающих — плацентарных Евразии и Африки — грызунов, волков, тигров, медведей.

Приспособления, отличающие целые классы и подклассы у более поздних животных, возникали как отдельные признаки очень давно у самых отдаленных и несходных групп. Так, появившиеся 400 млн. лет назад скорпионы имеют в основании конечностей особые камеры, в которых зародыши прикреплены к плацентоподобному образованию, — это высокая степень охраны эмбрионов, характерная для высших млекопитающих.

Постоянство температуры тела, по всем данным, появилось у пресмыкающихся около 150 млн. лет назад. Но в том или ином виде высокая энергетика теплокровного организма есть у некоторых рыб (типа меч-рыба или парусник), т. е. возникает как частный случай у очень

еще примитивных животных. Молоко как средство для выкармливания детенышей известно у некоторых птиц и даже рыб.

Наконец, недавние исследования показали, что китообразные по объему и сложности извилин мозга превосходят человека, но появились они примерно на 15 млн. лет раньше приматов.

Я привожу лишь несколько примеров, общее число которых громадно. Остается сказать хотя бы об одной наиболее типичной конвергенции наземных растений — биологическая форма дерева с ветвями и органами фотосинтеза, даже дыхательными корнями — пневматофорами, появляется уже на первых этапах развития крупных наземных растений.

На протяжении сотен миллионов лет жизни и растения и животные наделяются не только схожими чертами внешнего облика, механики скелета или мышечно-двигательной системы. Еще ближе сходство органов чувств, нервной и гормональной регулировки. В схожих условиях обитания вырабатываются и одинаковые черты поведения. Эти аналогичные конструктивные решения показывают, что эволюция ставит перед организмами одни и те же задачи, а следовательно, имеет направленность. Так и должно быть, ибо условия внешней среды, к которым приспосабливаются организмы, просуществовали по самой меньшей мере около миллиарда лет.

Энергетические уровни биологических машин — организмов жестко лимитированы. Для каждой ступени повышения энергетики живых существ требуется немало миллионов лет. Энергозапасы, скажем, в печени пресмыкающегося, примерно в 50 раз меньше, чем у высшего млекопитающего. Поэтому у крокодила длительность бега по суше просто несоизмерима с длительностью бега волка, льва или копытных. Высокая энергетика, естественно, имеет обратную сторону — резко повышается потребность в пище, укорачивается продолжительность жизни, обостряется напряжение пищевых цепей, требуется расширение и интенсификация кормовой базы. Все это как бы огораживает и сдавливает жизнь

■ МЫ НЕ ОДНИ

Вопрос о внеземной жизни имеет непреодолимое очарование для мыслящего человека. Веками многие выдающиеся ученые думали о том, что мы не одиноки в мировом пространстве, что и за пределами нашей планеты — на других небесных телах — обитают живые существа... Еще более эта мечта захватывала фантастов — писателей и поэтов. Но научно обоснованное решение проблемы совершенно отсутствовало и даже казалось недоступным.

В начале нашего века большинство ученых считало, что появление жизни у нас

на Земле — какая-то редчайшая, неповторимая «счастливая случайность». И, следовательно, на вопрос о существовании внеземной жизни нужно отвечать отрицательно.

Немногочисленные попытки подойти к решению этой проблемы, хотя бы в отношении наших ближайших соседей — Луны и планет Солнечной системы, обычно сводились вот к чему: получив данные о физических и химических условиях, существующих на небесном теле, мы пытаемся представить себе, могли ли бы в этих условиях существовать наши земные организмы. И уже после этого мы делаем вывод о возможности или невоз-

неодолимыми стенами необходимости, гонит ее коридором естественного отбора. Из этого коридора только один выход — дальнейшее усовершенствование организма в сторону большей независимости от внешней среды. Частная адаптация в истории жизни на Земле — это лишь только временный успех, за которым идет расплата — массовая гибель, позднее — вымирание при перенаселении экологической ниши, исчерпании узкой кормовой базы или изменении условий обитания.

В полном соответствии с описанным ходом исторического развития мы наблюдаем в палеонтологических захоронениях двоякого рода группы животных. Одни, составляющие главную массу остатков, принадлежат к подчас причудливым по адаптации, но немногим видам, однозначным по уровню эволюционного развития. Другие, гораздо более редкие, отличаются внешне весьма обычным, как бы стандартным обликом, скрывающим высоту организации, большую, чем у одновременных с ними видов, богатых численностью особей. Этот давно известный характер палеонтологической документации заставил исследователей предположить, что существуют два пути исторического развития жизни (эволюционного прогресса): адаптация, приспособление к местным и временным, частным условиям жизни; и общее усовершенствование организма — его усложнение, универсализация действия, повышение энергетик и защищенности от влияния внешней среды. Первый из них — адаптивная радиация — постоянно заводит животных в тупики, кончающиеся вымиранием, а второй, называемый ароморфозом, аристокризисом или ортогенезом, ведет к непрерывному восхождению и наибольшему совершенствованию.

Нетрудно видеть, что на самом деле оба «пути» — лишь две стороны одного и того же диалектического процесса, в котором великая необходимость усовершенствования организма проявляется через сумму случайных адаптаций. Слепая сила естественного отбора становится «зрячей» в том смысле, что получает направленность, непрерывно действующую в течение всей органической эволюции на Земле.

возможности жизни на этом небесном теле. Несовершенство такого метода очевидно само собой. Конкретные формы жизни — производные тех внешних условий, в которых они возникают и развиваются. Именно внешняя среда формирует организмы. И вряд ли на других небесных телах мы можем обнаружить жизнь, идентичную нашей, земной. Скорее нужно установить — могла ли на этом небесном теле в процессе эволюции возникнуть и развиваться та сложная форма движения материи, которую мы называем жизнью.

Все планеты эволюционируют в течение своего существования. И в прошлом на

них могли быть условия, благоприятные для возникновения жизни, которая при своем дальнейшем развитии адаптировалась к внешним условиям. Так, например, можно представить, что в отдаленные времена Марс был более богат водой, чем сейчас, и это создавало благоприятные условия для возникновения на нем жизни, которая затем могла пойти весьма своеобразным путем и сохраниться в суровых (с земной точки зрения) условиях современного марсианского климата.

Сейчас стало совершенно очевидным, что возникновение жизни на Земле не явилось какой-то «счастливой случайной

Необходимость исторического развития заключается в приобретении *наибольшей возможной независимости от внешней среды* — того самого гомеостаза, без которого не может быть накопления и хранения необходимой для выживания информации. Чем «прочнее» и длительнее гомеостазис в индивидуальном существовании, тем больше информации накапливается в индивиде, тем более он универсален, пригоден для жизни в разных условиях, тем менее он зависит от узких экологических ниш. Сказанное не представляет собой чего-либо нового, но в применении к историческому развитию жизни делает понятным и обязательное появление интеллекта у высших форм, и ту упорную борьбу за независимость от среды обитания, какую вели миллиарды лет неисчислимые поколения растений и животных нашей планеты. И еще одно — никакой скороспелой разумной жизни в низших формах вроде плесени, грибов, растений, крабов, тем более мыслящего океана быть не может. Это, впрочем, знали еще две тысячи лет назад. «Нет разума для несобранного!» — восклицает индийский поэт-философ в «Бхагаватгите». — «И нет для несобранного творческой мысли...»

Чтобы осмысливать мир, надо уметь видеть и запоминать все его неисчерпаемое разнообразие и, мало того, — еще пользоваться его законами для борьбы за жизнь. Попытки развития мозга делались не раз в истории Земли, но все они были преждевременны, потому что организмы еще не поднялись на нужный уровень гомеостаза и энергетики. В других случаях мозг, даже больший, чем у человека, возник у дельфинов и других китообразных тогда, когда полное приспособление их организмов к воде исключило переход в другую среду. Невозможным стало и создание искусственной среды без способности изготавливать орудия.

Только человек сам облегчил себе окружающие условия, расширил кормовую базу с помощью огня и создания разумных запасов и тем смог освободиться от внешней среды настолько, чтобы наблюдать, осмысливать и подчинять себе мир своей планеты.

стью». Это был вполне закономерный процесс, неотъемлемая часть общего процесса развития Вселенной, где каждый последующий этап неразрывно связан с предыдущим. Наша земная жизнь возникла как результат эволюции углеродистых соединений.

Наукой уже доказано, что подобная эволюция углеродистых соединений проходит на других объектах Вселенной, но, конечно, в каждом конкретном случае по-своему. Есть основания предполагать, что на Луне и Марсе эволюция углеродистых соединений привела к образованию на их поверхности более или менее сложных органических веществ. Но это еще

не может служить доказательством перехода их в стадию формирования живых существ. Для иллюстрации приведу такой пример.

Несколько лет назад удалось спектроскопическим путем обнаружить на темных областях поверхности Марса наличие ацетальдегида — органического вещества, которое у нас на Земле возникает в результате жизнедеятельности дрожжей. Эту находку считали прямым доказательством жизни на Марсе. Но позднее удалось доказать, что в тех условиях, которые существуют на поверхности этой планеты (в частности, при соответствующем воздействии коротковолновой радиации),

Для человека не характерна адаптация к какой-либо узкой экологической нише — и в этом одно из самых поразительных его свойств. Жизненная форма человека столь же примитивна, как и у его отдаленных предков, и она уходит на 100 млн. лет в глубь геологического времени. Внешняя архаичность совмещается с высоким уровнем физиологической организации, энергетики и гомеостаза, способным к несению огромной нагрузки — мозга. Чем выше уровень организации жизни, тем более конвергентны ее формы, и человек не только не исключение, но, пожалуй, лучшая иллюстрация этого положения. С увеличением палеонтологических данных «корни» человека уходят все глубже. Сейчас нам известны уже пользовавшиеся орудиями пралюди (австралопитеки) из слоев возрастом в 4 млн. лет. Подобные же формы появились в разных отдаленных одно от другого местах земного шара, конвергировали и, вероятно, скрещивались в пограничных областях обитания, т. е. они нигде не образовывали специализированных видов, а лишь подвиды как дальнейшие ступени развития мозга и труда. Очень древние формы человекообразных, подобные рамапитеку, открыты в слоях возрастом 14 млн. лет. Без сомнения, в дальнейшем будут найдены еще многие, так сказать, сопутствующие формы человекообразных (вроде огромных гигантопитеков, мегантропов и т. п.). Как бы то ни было, путь от прачеловека до настоящих людей не был коротким и отражал ту же общую закономерность: чем совершеннее развитие высшей нервной деятельности, меньше «разброс» жизненных форм, тем более их сходство.

Если окинуть взглядом все многообразие растительного и животного мира нашей планеты как вымершего, так и ныне живущего, то придется признать, что на поверхности одной-единственной планеты, в одних и тех же фазовых условиях внешней среды развились практически все мыслимые формы, заполнившие все пригодные для жизни экологические ниши и области обитания. Не утомляя читателя перечислением, укажу лишь на явные отклонения: на таящихся в глубинах океана погонофо-

ацетальдегид может синтезироваться независимо от жизни. Только получив пробы материала с лунной или марсианской поверхности, мы сможем дать достоверный ответ на вопрос о том, на какой стадии находится там эволюция углеродистых соединений, приведшая на Земле к возникновению жизни.

Этот ответ имеет громадное мировоззренческое значение, так как сейчас мы знаем жизнь лишь в единственном «экземпляре» — только в той форме, как она сложилась на нашей планете.

Исключительные успехи космонавтики вселяют в нас, биологов, уверенность, что уже в недалеком будущем наши знания

о сущности жизни и ее происхождении неизмеримо возрастут.

академик А. И. Опарин

■ ФОРМЫ ЗЕМНОЙ ЖИЗНИ НЕ УНИВЕРСАЛЬНЫ

Обсуждения последних лет показали, как критически следует относиться к тезису, что любые квазибиосферы во Вселенной (среды с условиями, похожими на земные), даже при возникшей эволюции белковой формы жизни, даже при миллионлетнем ее развитии, с неизбежностью ведут к появлению разума. С. Лем подчеркивает, что даже такая мощная управляющая система, как мозг, вовсе не

ров — особенных животных, приспособившихся переваривать пищу между щупальцами; на животных и растениях высших степеней симметрии — шаровидных, многолучевых, пятилучевых; на морских лилий, повторяющих форму растений, но снабженных покровными известковыми пластинками и щупальцами. Иными словами, на животных, настолько отличных от основной массы обитателей Земли, что они вполне могли бы появиться на другой планете.

Обличье колониальных животных — кораллов, мшанок, сифонофор — для нас столь же странно, как и чудовищно-механическая организация членистоногих. Столь сложные животные, как насекомые, отделенные миллионами веков развития от колониальных кораллов и граптолитов, снова становятся коллективным организмом — на иной, высшей ступени эволюционного развития, подобно муравьям, пчелам или термитам.

В общем, история органического мира Земли демонстрирует одну примечательную особенность: чрезвычайное разнообразие низших форм, превосходящее наше представление о возможных формах жизни на других планетах, и резко контрастирующее с этим подобие высших животных с повторением однотипных конвергенций. Если сравнивать лестницу эволюции жизни с ленинской спиралью развития, какой по существу она и является, то спираль будет широкой в основании и очень узкой в вершине. Размахи витков ее по мере хода времени становятся все меньше, и спираль скручивается все теснее. Не отражена ли здесь некая общая закономерность развития Вселенной — борьба с энтропией в замкнутых системах? И не может ли энтропия в этом смысле играть некую активную роль в развитии мира, роль, еще не понятую нами?

Не подлежит сомнению, что общие законы, действовавшие и действующие в процессе исторического развития жизни на Земле, — те же самые, что и на планетах Солнечной системы и отдаленных звезд. Если принять с очень большой долей вероятности, что белково-кислородно-вод-

может быть признана «абсолютно» лучшей безотносительно к конкретной истории развития. Возникновение «человекоподобной» живой формы определялось конкретными условиями, многие из которых отнюдь не «универсальны», «космически обязательны». Нужно с очень большой осторожностью относиться к «комбинаторным» и «вероятностным» подсчетам распространенности жизни во Вселенной. Часто употребляемую в популярных (да и не только популярных) изложениях «формулу вероятности распространения жизни и разума в Космосе», включающую произведение множителей «вероятности возникновения

жизни», «вероятности появления разума» нельзя считать корректной. По существу, при употреблении подобных расчетов считается абсолютно универсальной для всей Вселенной форма земной жизни и цивилизации, вплоть до деталей подробностей (что даже логически не следует из традиционной эволюционной точки зрения). Да и поскольку основой возникновения и развития жизни служат динамические закономерности (исследуемые кибернетикой), вероятность реализаций нельзя подсчитывать формально-комбинаторными методами.

Б. Н. Пановкин

кандидат физико-математических наук

ная жизнь наиболее распространена во Вселенной, то мы должны изучать нашу планету как гигантскую лабораторию эволюции жизни на пути ее самоусовершенствования. Фактические наблюдения в этой лаборатории, т. е. изучение палеонтологических документов и их сопоставление с биологией ныне живущих форм, позволят нам понять и даже предсказать ход развития в иных мирах, на что палеонтология как наука, обладающая фактической исторической документацией, имеет право, пожалуй, прежде всех других наук.

Ныне начинается новый этап палеонтологии. Благодаря успехам физических наук и кибернетики обратная связь организмов со средой и формирующая роль условий обитания уже не является для нас загадкой и ортогенетический характер эволюции более не пугает нас мнимым признанием неких «особых» сил. Более того, с полным основанием мы можем рассматривать палеонтологию как ключ будущего к пониманию причинных связей в строении живых существ, а следовательно, и проблемы сохранения диалектического равновесия в биологии организмов и вообще всей живой природы. Что было отброшено, утрачено и что осталось, прошло испытания миллионов веков, прежде чем получился человек с его мозгом, в котором мы находим все большее число первых клеток и все более сложную структуру. Последние подсчеты намного превышают недавнюю цифру в 10 млрд. и заставляют предполагать, что один лишь мозжечок, не участвующий непосредственно в мышлении, а лишь управляющий центральной нервной системой, обладает несколькими десятками миллиардов нервных клеток. Последний известный нам в истории виток спирали развития жизни оказывается очень туго скрученным, и есть все основания полагать, что такое же строение имеют все мыслящие существа во Вселенной.

Отсюда еще один, последний, вывод. Немалое число исследователей полагают, что у нас нет надежды понять разумных обитателей других планет. Как можем мы общаться с ними, спрашивают скептики, когда мы еще не открыли верных путей коммуникации друг с другом на нашей собственной планете? Скептицизм этот отражает распространенную сейчас на Западе теорию «некоммуникабельности» общества и отдельных индивидов. Ее сторонники забывают, что это явление социальное, а вовсе не обязанное биологическим особенностям строения человека. Коммуникация с разумным существом любой планеты, прошедшим неизбежный путь исторического развития и получившим мозг, построенный по тем же самым законам для решения аналогичных проблем, конечно, возможна, как возможно и понимание если не эмоционально-социальное на первых порах, то во всяком случае — в области технико-информационной. Уверенность в этом дают великая конвергенция и закономерность появления интеллекта из первоначального хаоса многообразных форм жизни Земли.

Итак, палеонтология послужит окном в Космос. В недрах планеты есть интереснейший и загадочный мир вымершей жизни, изучая которую мы не только глубже понимаем самих себя, но и предугадываем явления пока недоступных нам других обитаемых миров экстраполяцией земных процессов возникновения и развития жизни.

Инопланетяне...

ПОХОЖИ ЛИ ОНИ НА НАС?

Ю. М. РАЛЛЬ,
доктор биологических наук

На других планетах Солнечной системы вряд ли есть разумные существа. Но пытливая человеческая мысль выходит за пределы того уголка Вселенной, который занят Солнечной системой.

Может быть, в иных мирах, на планетах, обращающихся вокруг многих звезд, существуют неведомые нам высшие, разумные организмы? Писатели-фантасты нередко рисуют облик этих обитателей других планет весьма причудливым — в виде полужверей, а то и получудовищ. С другой стороны, в научно-фантастических произведениях И. А. Ефремова и других авторов разумные обитатели далеких планет внешне весьма сходны с человеком. Кто же более близок к истине?

Человек, как продукт развития животного мира, сходен с высшими животными (млекопитающими). Для того чтобы произошел постепенный переход от этих животных к человеку, должны были пройти сотни миллионов лет. Столь же долгий исторический путь, вероятно, прошли и разумные обитатели других планет, прежде чем они отделились от своих непосредственных животных предков.

Отсюда вытекают одинаковые предпосылки для исторического развития живых существ как на Земле, так и на других планетах, которые неминуемо должны были привести к сходным формам развития.

Ближайшие предки разумных существ должны иметь высокоорганизованную нервную систему и ее центральный пост — головной мозг. Этот центр должен быть надежно защищен черепом от всяких случайных воздействий. Тяготение проявляется на любой планете, и потому мозг или аналогичный ему орган, вероятно, расположен в обособленной и не слишком крупной части тела, свободной от лишней нагрузки.

Чтобы активно приспособиться к внешней среде, разумное существо должно передвигаться в пространстве. Для этого необходимы симметрично расположенные конечности, поскольку иначе тело будет испытывать перевес на одну сторону. Наблюдая эволюцию живых существ на Земле, мы знаем, что у всех позвоночных животных в отличие от беспозвоночных число конечностей на протяжении исторического развития резко сокращается. Физиологически и анатомически доказано, что при небольшом количестве конечностей аппарат передвижений более совершенен и экономичен. Не исключено, что подобная эволюция произошла и у разумных существ других планет.

На планетах сила тяжести, так же как и давление сверхмощной атмосферы, могут быть огромными. В подобных случаях остается очень мало шансов для развития предшественников разумных существ, так как их организм должен тратить наибольшую часть своей энергии прежде всего на преодоление этих механических сил.

Если мыслящее существо способно передвигаться в пространстве, то оно, по всей вероятности, должно иметь резко различающиеся переднюю и заднюю части тела. Органы чувств как основные агенты восприятия внешних раздражений, во всяком случае самые ответственные из них, обязательно расположатся спереди и поблизости от центра нервной системы, чтобы иметь кратчайшие пути быстрой сигнализации мозгу о свойствах среды.

Отчетливо распознавать расстояние до предметов можно только при парном стереометрическом положении органов слуха и зрения. Вполне возможно, что у некоторых обитателей других планет имеется по нескольку глаз основных и дополнительных (теменной глаз, как известно, был у многих ископаемых животных).

Законы преломления света диктуют неизбежность образования оптической системы, близкой к устройству глаза человека и высших животных с их цветным зрением. Но вряд ли, однако, глаза других, неизвестных нам существ способны воспринимать всевозможные формы лучистой энергии — от длинных радиоволн до космических лучей. Ведь существо, снабженное такими органами, должно было бы ощущать одновременно бесчисленные потоки излучений, пронизывающие мировое пространство. При этих условиях жизнь, тем более разумная, вряд ли возможна.

Очевидна необходимость внутренней опоры тела высших существ, т. е. скелета, а также сосудистой системы для обеспечения обмена веществ в тканях — клетках мускулатуры.

Разнообразие животного мира нашей планеты показывает, что при едином плане строения и физиологических функций облик отдельных видов животных весьма различен. Например, при одинаковом плане строения для всех позвоночных существует большая разница между сусликом и слоном, акулой или ястребом. Каждое из этих животных приспособлено к среде по-своему.

Уже на основании этого опыта мы вправе предположить, что даже самые совершенные животные других миров, имея общее коренное сходство между собой в физическом строении и, как мы предполагаем, с земными формами, так же не повторяют друг друга, как и земные животные. Поэтому неизвестный нам мир космических животных не только разнообразен, но внешне может резко отличаться от земного. Однако закон единства физиологических отправления и наиболее адекватного приспособления к окружающей среде должен привести к принципиальному внешнему физическому сходству высших организмов Космоса.

Вспомним, как это происходило на протяжении эволюции органического мира Земли.

По мере усложнения форм земной жизни огромное разнообразие низших существ в более высокостоящих группах постепенно выравнивалось. Так, если беспозвоночные, в частности насекомые, поражают обилием сходных между собой видов (их свыше миллиона!), то облик позвоночных, особенно сухопутных, начинает принимать некоторые общие черты. Млекопитающие (их всего 3200 видов) явно близки друг к другу, а внешний облик и внутреннее строение обезьян и людей становятся поразительно сходными.



Человеческая фантазия издавна населяла планеты странными существами (иллюстрация из книги XVIII в.: Фонтенель. «Разговоры о многочисленности обитаемых миров»)

На пути длительного развития высших позвоночных нашей планеты были преодолены и отброшены в результате естественного отбора громоздкие или слишком примитивные органы, а масса и поверхность тела приведены в наилучшее соответствие с теплопродукцией и теплоотдачей. Слишком крупные организмы должны были тратить столь большую энергию на свою жизнедеятельность, что они в конце концов превратились в огромные фабрики для непрерывного поглощения и переработки пищи.

Имея крохотный мозг, но гигантские мускулы и желудок, эти чудовища были сметены природой с лица Земли. Но и слишком мелкие животные также не смогли стать исходным материалом для формирования носителей разума, так как с их крошечным энергетическим кругооборотом они слишком сильно зависели от случайностей внешней среды.

Размеры тела человекообразных обезьян, а затем людей наилучшим образом сочетают в себе закономерности анатомии и физиологии с требованиями разумного существования в земных условиях, а следовательно, и на любой планете земного типа. Разумеется, эти размеры не составляют неизменного стандарта, но вряд ли отклонения от них могут быть очень велики.

Таким образом, исходя из общности законов развития матерьяльного мира, мы можем согласиться с И. А. Ефремовым, что разумные обитатели Вселенной в той или иной мере все же «люди». Они несколько отличаются в деталях, но имеют много общих с нами черт. У них может быть иной разрез глаз, большее или меньшее число пальцев, особый цвет кожи, отсутствие или наличие волос на теле, та или иная форма головы. Однако нет никаких оснований представлять их, как это часто делают писатели-фантасты, в виде каких-то совершенно необычайных хвостатых, рогатых, многоруких чудовищ с невероятным сплетением конечностей, прыгающих, ползающих или даже «переливающихся».

Разумная жизнь неотделима от трудовой деятельности, а последняя подразумевает коллективное общение. Еще Ф. Энгельс в работе «Роль труда в процессе очеловечивания обезьяны» подчеркивал, что в результате этого общения у формировавшихся людей явилась потребность что-то сказать друг другу. Так в процессе труда сложилась членораздельная речь — вторая сигнальная система человека, по выражению И. П. Павлова.

Вряд ли это применимо только к человеческому обществу. Правильнее считать, что у любых разумных существ неизбежно разовьются и речь и сложные общественные отношения. Каковы эти отношения, можно лишь гадать, но они обязательно должны включать проблемы материальной производственной базы общества, проблемы соответствия производительных сил и производственных отношений и т. д.

Из единства физико-химических законов Космоса совсем, однако, не вытекает, что Вселенная развивается по шаблону и что обитатели различных миров лишь повторяют одну и ту же историю. Одинаковые исходные условия могут послужить отправной точкой для огромного разнообразия комбинаций. Поэтому различные миры и различные участки Вселенной бесконечно разнообразны. Но в этой бесконечности есть определенные тенденции, свойственные всей движущейся материи. Точно так же в развитии живой природы есть главная линия, которая пробивается через массу разнообразных отклонений. По мере усложнения форм жизни основная нить приводит все разумные существа к наибольшему единству с окружающей средой. А так как конкретная физическая обстановка на обитаемых небесных телах весьма ограничена определенными условиями, разумные существа Космоса должны приобретать также довольно сходные черты.

Под внешней средой мы должны понимать весь окружающий нас мир с великим многообразием разного рода раздражителей.

А. Л. Чижевский "

2

Космические воздействия

До последнего времени человечество не осознавало в полной мере роль космических воздействий на биосферу Земли. С выходом человека в Космос в нашей жизни произошла не только техническая, но и психологическая революция. Космос стал ближе, доступнее. Это — арена отчасти сегодняшней, но в значительной мере будущей деятельности человечества, та среда, где человек будет жить и работать.

Хотя механизмы взаимодействий Космоса и земной биосферы во многом еще неясны, вряд ли можно отрицать, что для понимания роли жизни в Космосе, ее характера и особенностей эволюции учет воздействий космической среды совершенно необходим.

В статьях этого раздела рассматриваются вопросы влияния изменений солнечной активности на земные живые организмы — людей, животных, растения; важное практическое значение приобретает возможность прогнозирования резких колебаний солнечной активности.

Открывается раздел ранней статьей профессора А. Л. Чижевского (1897—1964), одного из основоположников гелиобиологии — науки о воздействии солнечной активности и других космических факторов на земную биосферу.

Некоторые космические связи земной биосферы

А. Л. ЧИЖЕВСКИЙ,
профессор

Физические и химические процессы, происходящие в окружающей среде, вызывают соответствующие изменения в физико-химических, физиологических отправлениях живого организма, отражаясь на его сердечно-сосудистой, его нервной деятельности, на его психике и, наконец, на его поведении. Так, колебания атмосферного давления, степень влажности воздуха, температура, количество солнечного света и т. д. вызывают колебания в состоянии многих функций нашего организма, нашего нервного тонуса, в той или иной степени в конце концов отражаясь на нашем поведении.

Бесконечно велико количество и бесконечно разнообразно качество физико-химических факторов окружающей нас со всех сторон среды — природы. Мощные внеземные силы исходят из космического пространства. Солнце, Луна, планеты и бесконечное число небесных тел связаны с Землей невидимыми узами. Движение Земли управляется силами тяготения, которые вызывают в воздушной, жидкой и твердой оболочках нашей планеты ряд деформаций, заставляя их пульсировать, производят приливы. Но наибольшее влияние на органическую жизнь Земли оказывают радиации, направляющиеся к Земле со всех сторон Вселенной.

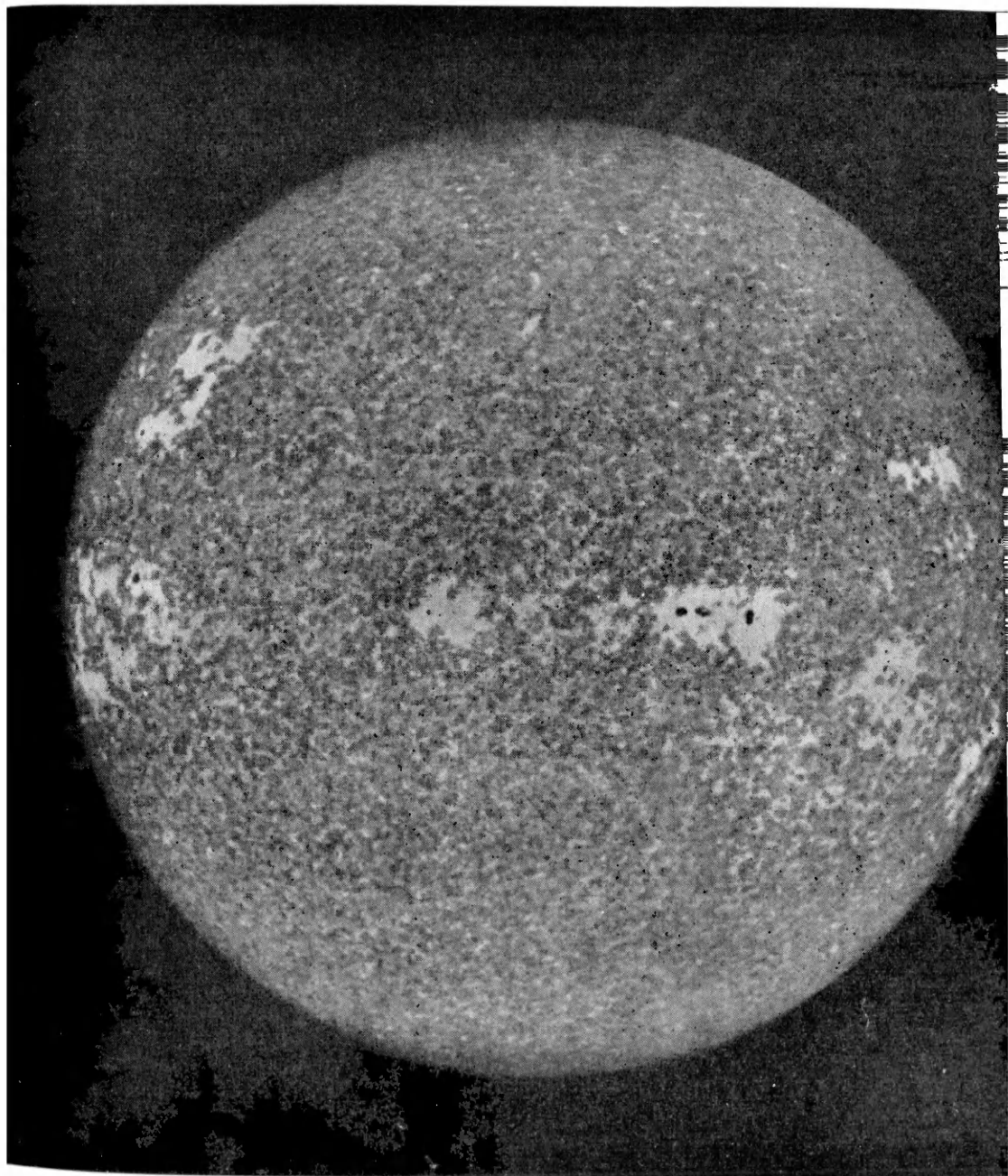
Несомненно, что главным возбудителем жизнедеятельности на Земле является излучение Солнца, весь его электромагнитный спектр, а также все его корпускулярные потоки.

Как солнечные излучения, так и космические служат *главнейшими источниками энергии*, оживляющей поверхностные слои Земного шара. Возникает вопрос, в какой мере зависит живая клетка в своей физиологической жизни от притока космических радиаций и от тех колебаний, или изменений, которым космическая радиация подвержена.

Изучение внеземных влияний может быть осуществлено с применением методов статистики. В то время, как данные наблюдений за отдельными индивидами не могут здесь дать нам ничего достоверного, изучение одновременных явлений в больших массах может привести к открытию некоторых закономерностей, причину которых следует затем выяснить.

В 1915 г. я впервые поставил этот вопрос и стал его изучать. Исследования были крайне затруднены из-за ряда обстоятельств. И все же мне выпало счастье обнаружить замечательное соответствие между разными земными феноменами и космическими факторами.

Статистические исследования с несомненностью показали, что в те годы, в те месяцы, в те недели, когда активность Солнца увеличивается, на Земле, на разных ее материках, в различных странах, число массовых феноменов, например заболевания, смертность от разных причин, также увеличивается.



Солнце — основной возбудитель жизнедеятельности на Земле

Впервые было установлено, что солнечные пертурбации оказывают непосредственное влияние на сердечно-сосудистую, нервную и другие системы человека, а также на микроорганизмы.

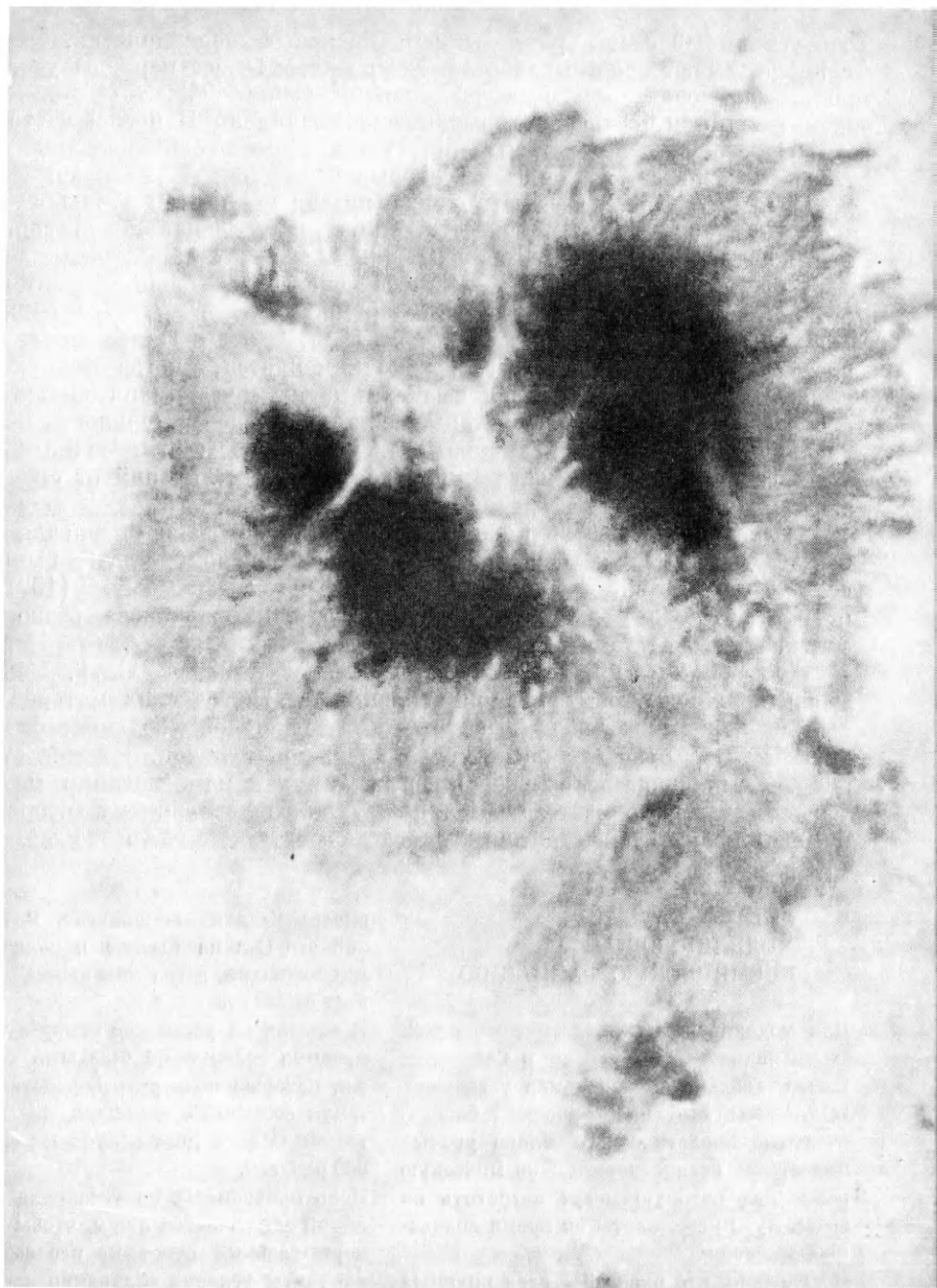
Несмотря на могущественные социальные факторы эпидемий, что доказано с абсолютной точностью, нельзя пренебрегать изучением и других факторов, которые в какой-то мере могут оказывать свое влияние на ход и развитие эпидемического заболевания. Нужно полагать, что дальнейшее изучение этого вопроса покажет, какое место в ряду социально-экономических и биологических факторов надлежит отвести влияниям физико-химической среды вообще, солнечным и космическим радиациям, атмосферному электричеству и земному магнетизму в частности.

Но уже в настоящее время можно сказать, что влияние социально-экономических условий в отношении некоторых инфекционных заболеваний не имеет основного значения. Так, например, гриппозные эпидемии возникают весьма часто вне какой-либо определенной зависимости от социально-экономических условий и охватывают все слои населения. В развитии ряда эпидемий мы видим чрезвычайно разнообразную игру вируса, весьма прихотливую его изменчивость на протяжении целых десятилетий.

Если предположить, что в годы максимальной активности Солнце продуцирует во внешнее пространство некоторые специфические излучения, оказывающие особое влияние на рост растительной ткани, то естественно поставить вопрос, а не будут ли оказывать эти излучения аналогичное влияние и на бактерии.

Микроорганизмы, живущие в полужидкой или влажной среде, в верхнем слое почвы, на взвешенной в воздухе пыли, на поверхности овощей и плодов, в гниющих органических отбросах и т. д., могут находиться под непосредственным влиянием специфических излучений Солнца или их земных производных, каковыми могут являться колебания атмосферного электричества, некоторые химические реакции в воздухе и т. д. Такому же влиянию подвержены и те микроорганизмы, которые таятся на периферических частях организма человека, на поверхности кожи, на слизистой оболочке дыхательных путей и мочеполовой системы.

Начиная с 1925 г., врач С. Т. Вельховер производил бактериологические исследования на присутствие коринебактерий в материале из верхних дыхательных путей больных инфекционной больницы гор. Казани. При этом применялась следующая методика: материал для посевов брался стерильным тампоном, стирался в бычью кровяную сыворотку, нагреваемую до опыта дважды до 90° в течение часа. После 18—20 часов пребывания посевов в термостате при 37° производилась бактериоскопия по Нейссеру. Одновременно велись ежедневные наблюдения за ходом метеорологических факторов погоды. Выяснилось, что рост коринебактерий на строго одинаковой стандартизованной питательной среде временами скачкообразно усиливается, давая в засеянных пробирках наивысший процент позитивных находок, но какой-либо особенно тесной связи между этими скачками в росте бактерий и метеорологическими факторами обнаружено не было. Тщательно разобрав весь архив своей лаборатории с 1926 по 1935 г., Вельховер пришел к выводу о том,



Солнечные пятна — одно из главных проявлений активности Солнца

что усиленный рост коринебактерий происходит периодически, причем эти периоды имеют особые качества. Если выделить все периоды усиленного роста коринебактерий с коэффициентом выше 49%, то окажется, что во времени они построены гармонически правильно. Наиболее часто встречаются периоды длиной в одни сутки. Чем длиннее период, тем он реже встречается. Периоды, в которые коэффициент роста коринебактерий был выше 49%, С. Т. Вельховер назвал периодами «больших факторов» (имелась в виду активность Солнца), и в дальнейшем он сопоставил эти периоды с гелиофизическими данными.

Подсчеты показали, что периоды действия «больших факторов» в среднем занимают $\frac{1}{7}$ часть всего времени, а в $\frac{6}{7}$ всего времени рост коринебактерий бывает ниже на 50%. В это обычное время кривая роста коринебактерий зигзагообразно изменяется, иногда понижаясь до нуля. Однако при наступлении эпохи максимума циклической деятельности Солнца картина меняется: частота и продолжительность периодов «больших факторов» увеличиваются. Параллелизм этих кривых лучше всего говорит о зависимости микробиологических явлений от специфического излучения Солнца.

В годы минимума активности Солнца (1932—1934) интервалы между периодами «больших факторов», как и следовало ожидать, были очень велики и достигали нескольких месяцев; в годы максимума (1927—1928 и 1936) частота появления периодов «больших факторов» резко возросла.

В своих письмах от 28 июня и 8 июля 1936 г. С. Т. Вельховер сообщал мне, что на основании больших статистических материалов им был сделан такого рода вывод: частота периодов «больших факторов» соответствует относительным числам солнечных пятен, а длина этих периодов — площадям протуберанцев. А так как на основании математических выкладок имеется возможность по ходу «больших факторов», т. е. по росту и окраске бактерий, предсказывать ход того же явления в

■ УСТАНОВКА, МОДЕЛИРУЮЩАЯ КОСМИЧЕСКУЮ РАДИАЦИЮ

Для моделирования биологического действия радиации в Космосе в Советском Союзе создана специальная установка, так называемый биологический блок. С помощью биологического блока ученые пытаются воспроизвести космическую радиацию, которую могут встретить на своем пути космонавты во время солнечных вспышек.

Подсчитано, что около 3% всех крупных солнечных вспышек могут оказаться

опасными для космонавтов. В год спокойного Солнца бывает приблизительно три вспышки, в год максимума — их бывает около ста.

В опытах на установке используется излучение кобальта-60. Первыми животными, которые подверглись действию имитации солнечной вспышки, были белые мыши. Общая доза облучения составила 900 рентген.

Цель проводимых на установке исследований заключается в том, чтобы дать исчерпывающий ответ на все возможные варианты условий облучения при космическом полете.

ближайшие месяцы и даже годы, то не только микробиологи или эпидемиологи, но и деятели космической биологии должны заинтересоваться этим.

Быть может, недалеко то время, когда астрофизические явления на Солнце мы будем предсказывать, изучая под микроскопом изменчивость микроорганизмов. Уже в настоящее время ясно, что некоторые эпидемиологические и микробиологические явления отражают, или вернее предвещают, проявление солнечной активности. Это становится понятным, если учесть, что очаги возмущений возникают первоначально в глубине Солнца. Ни глаз астронома, ни фотографическая пленка на них не реагируют. Но корпускулы, или электромагнитное излучение Солнца, встречаясь с живой клеткой бактерий или нервным аппаратом человека и животных, немедленно влияют на них. И только по прошествии некоторого времени очаги возмущения появляются на поверхности Солнца, становятся доступными визуальному наблюдению и фотографированию. Следовательно, нет ничего невероятного в том, что микробиологический препарат вскоре станет чувствительным астрономическим прибором — своего рода биотелескопом, который будет предсказывать некоторые физические процессы на Солнце!

Еще лет 30—40 назад биологи под внешней средой разумели в основном метеорологические и геофизические факторы, которые так или иначе могли воздействовать на организм и вызвать в нем те или иные реакции. Учение И. П. Павлова включило в комплекс факторов внешней среды огромное число раздражителей, окружающих человека и воздействующих на его анализаторы и центральную нервную систему.

Современное естествознание необычайно широко раздвинуло представление о пределах внешней среды, включив в нее космические тела, посылающие нам электромагнитные волны и потоки частиц. Таким образом, сегодня под внешней средой мы должны понимать весь окружающий нас мир с великим многообразием разного рода раздражителей.

Эпидемии в солнечном свете

В. Н. ЯГОДИНСКИЙ,
кандидат медицинских наук

В 1610 г. Галилео Галилей обнаруживает на Солнце темные пятна. Спустя немного острый глаз Карла Линнея замечает неравномерность годовых колец деревьев, а в 1892 г. русский исследователь Ф. М. Шведов в своей работе «Дерево как летопись засух» ставит это явление в зависимость от климата. Эти, казалось бы, разрозненные факты были объединены астрономом и ботаником из Аризоны А. Е. Дугласом в серию убедительных доказательств влияния деятельности Солнца на развитие растений.

Оказалось, что растения фиксируют в своем приросте не только колебания климата, но и вариации деятельности Солнца, внешне регистрируемые 11-летними циклами числа солнечных пятен. «Все химические соединения, связанные с жизнью,— писал В. И. Вернадский,— являются собирателями солнечной энергии, захваченной живым организмом». Подтверждением этому служат работы К. А. Тимирязева, установившего, что растения способны переводить лучистую энергию Солнца непосредственно в химическую энергию органических веществ. С другой стороны, климато-гидрологические условия сезона и местности, определяющие развитие растений, в свою очередь, также зависят от состояния солнечной активности. В. Ю. Визе в 1945 г. писал: «...то, что увеличение числа солнечных пятен влечет за собой усиление общей циркуляции атмосферы, а уменьшение — ослабление этой циркуляции,— уже давно установленный факт». Поэтому зависимость земных явлений от космических условий опосредована многоступенчатой системой связей и проявляется через некоторое время, необходимое для передачи воздействия, в результате чего процессы на разных ступенях биологической организации, с различной реакцией на природные факторы по-разному реагируют на изменения солнечной активности.

Можно предполагать два пути воздействия космических агентов на живой организм: прямой и опосредованный климато-гидрологическими условиями (рис. 1). Однако если в отношении растительного мира эта закономерность выступает довольно отчетливо, то при рассмотрении сложных биологических процессов, особенно в человеческом обществе, где действуют мощные социальные силы, влияние деятельности Солнца глубоко скрыто от глаз исследователей. Тем не менее и в отношении эпидемического процесса мы вправе предложить следующую схему вероятного воздействия солнечных агентов на его развитие. Попробуем с помощью этой рабочей гипотезы разобраться в проблеме, которую поставила перед нами сама жизнь.

Каждая инфекция характеризуется своим механизмом передачи различного начала (кишечные, воздушно-капельные, трансмиссивные и кон-

тактные инфекции) и может быть отнесена соответственно источник заражения к зоонозам или антропонозам. К первым принадлежат (лезни животных, передающиеся человеку, например чума или туляреми ко вторым относятся заболевания, присущие человеку.

При большинстве зоонозов источником инфицирования людей служ дикие животные, в частности грызуны и обитатели на них кровосо сщие паразиты. Колебания климатических и кормовых условий обита: животных приводят к изменениям их численности и развитию эпизоот с чем связана та или иная вероятность заражения человека.

Обобщая приводимые различными исследователями данные о «бол ших волнах» размножения мышевидных грызунов в Европейской час нашей страны, можно заметить их приуроченность к эпохам низкой с печной активности (рис. 2). В минувшем столетии, по данным К. Н. Р сикова (1914), полевые мыши размножались в Западной Европе и у н в России в огромных массах в 1822, 1832, 1832, 1856, 1863, 1867, 1872, 188 1884, 1893—1894 гг. Если сопоставить эти даты с данными рис. 2, окажется, что на протяжении 140 лет массовые нашествия грызунов 13 случаях из 17 совпадают или несколько опережают сроки солнечно минимумов, в трех случаях они соответствуют максимумам и только одном — 1863 г. связи не было. Интересно, что фазовые отношения сс печно-биологических связей менялись при переходе от одного веков солнечного цикла к другому, что давно уже было подмечено и в гиду метеорологии.

Но, несмотря на изменения фазовых отношений, закономерности сс печно-биологических связей на определенных отрезках времени настоль постоянны, что это позволяет использовать их в целях прогнозирования. Например, П. А. Пантелеевым в 1967 г. на основе солнечных прогнозов был предсказан ход размножения водяной полевки в некоторых очагах туляремии, и это весьма важно, ибо даже при наличии эффективной вакцины риск заражения людей возрастает (до 80%) в определенные годы солнечного цикла. Зная эти потенциально опасные периоды, можно более целенаправленно строить и профилактику туляремии. Точно так же, несмотря на отсутствие в нашей стране заболеваний людей чумой, необходим постоянный контроль за активностью ее природных очагов.

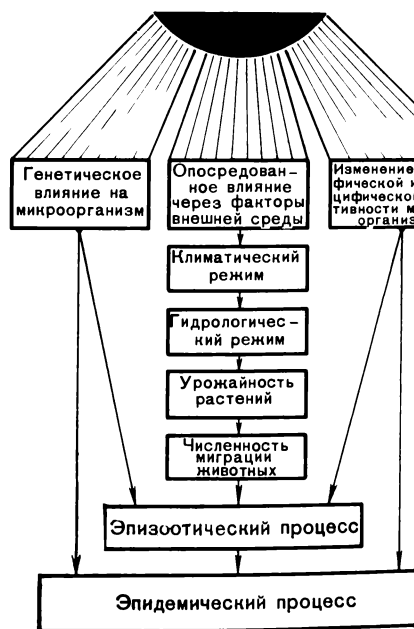


Рис. 1.

Возможные пути влияния солнечных переменных на эпидемический процесс

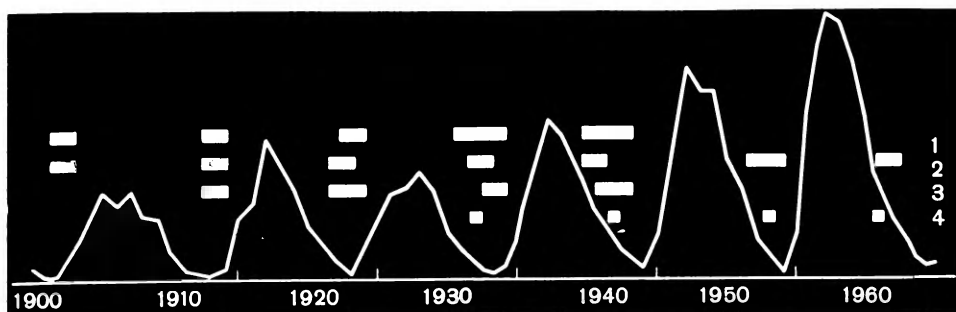


Рис.

Периоды массового размножения мышевидных грызунов в сопоставлении с кривой солнечной активности по данным

1 — Виноградова и Вашениной, 2 — Формозова и Иллипенко, 3 — Иоффе, 4 — Таурины

А. А. Лавровским в 1966—1969 гг. продемонстрировано, что наиболее выраженные эпизоотии чумы в прикаспийских очагах, как правило, приходятся на минимумы солнечной активности, исходя из чего им также был дан прогноз эпизоотий чумы на ближайшие десятилетия. Таким образом, изучение солнечно-земных связей в эпидемиологии имеет большой практический интерес.

Аналогичный механизм солнечно-эпидемических связей иногда проявляется и при антропонозах. Например, до ликвидации малярии в нашей стране заболеваемость людей четко соответствовала ходу чисел Вольфа (W) со сдвигом фаз на три года, вероятно, необходимым для проявления солнечного воздействия на эпидемический процесс (рис. 3). Это может быть обусловлено колебаниями осадков, расширяющих площадь выплода комаров, жаркими сезонами, ускоряющими созревание паразитов

■ О ГЕЛИОБИОЛОГИИ

В последние годы добивается своего законного признания еще одна отрасль человеческого знания — гелиобиология — наука о влиянии солнечной активности на биосферу Земли. Значение гелиобиологии долгое время не было понятно главным образом потому, что многие биологические особенности организма необходимо рассматривать с определенных физических и химических позиций.

Развитие современной биологии требует все большей и большей комплексности в изучении явлений жизни. Такие работы

не только способствуют пропаганде новых отраслей знания, но и приносят значительные теоретические и практические результаты.

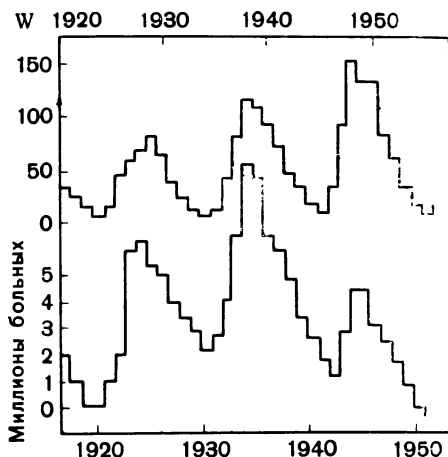
академик В. В. Парин

■ ВИНОВАТО СОЛНЦЕ

По совету академика В. И. Вернадского еще в 30-х годах томский биолог П. М. Нагорский поставил много экспериментов, чтобы изучить воздействие космических факторов на живые существа. Он рассекал скальпелем медуз, планарий, дафний, головастиков и помещал их в камеру с толстыми свинцовыми стенка-

Рис. 3.

Число первично зарегистрированных случаев малярии в СССР (по Сергееву и Духаниной) и динамика чисел Вольфа



в их организме, а также с изменениями ареала малярии в связи с периодами потепления и похолодания. Следует заметить, что в динамике гидрометеорологических явлений редко встречаются столь выраженные связи с 11-летним циклом Солнца, поэтому не исключено не только опосредованное природными условиями, но и прямое воздействие космических агентов на биологические объекты (человек, комар, возбудитель).

Впрочем, и в динамике эпидемического процесса 11-летний ритм зачастую оказывается сильно замаскированным другими колебаниями, что определяется многообразием факторов, воздействующих на его течение. Так, если взять данные о динамике смертности при дифтерии в Дании и сопоставить их с ходом развития солнечной активности, то на первом этапе можно отметить между ними определенное соответствие. Но после введения серотерапии инфекции в 1894 г. произошло заметное снижение

ми. Процессы регенерации в камере протекали значительно быстрее, чем в контрольных опытах вне камеры. Разрезанные медузы и головастики великолепно выздоравливали. В других его опытах колонии микробов на питательных средах, помещенные в свинцовую камеру, давали бурный рост по сравнению с контролем. Нагорский пришел к выводу, что даже частичное ограничение действия космической энергии усиливает жизнедеятельность простейших и микробов, а также изменяет их болезнетворные свойства. Иными словами, условия жизни на Земле для них не оптимальны. Меняя дозу

тех или иных разновидностей солнечной энергии, можно управлять жизнедеятельностью обитателей нашей планеты. Мы провели систематическое изучение связи между активностью Солнца и тяжелыми случаями заболевания, руководствуясь при этом следующей рабочей гипотезой. Солнце посылает потоки не только полезных, но и вредных излучений. На Земле жизнь, правда, защищена «щитом» — ионосферой. Но состояние ионосферы зависит от активности Солнца. При солнечных взрывах защитный экран Земли — ионосфера — нарушается и космическое излучение глубже, более массированно

смертности, и эти связи оборвались. Продолжая наблюдения по данным о заболеваемости, на показатели которой серотерапия не оказывает влияния, по-прежнему можно обнаружить то же соответствие, хотя и в менее выраженной форме.

Все это заставляет провести статистическую оценку солнечно-эпидемических связей. Для этого нами совместно с И. П. Дружининым, З. П. Коноваленко и Н. В. Хамьяновой были обработаны методами автокорреляции и спектральных плотностей данные о динамике дифтерии и ряда других инфекций в различных странах мира за большие промежутки времени (до 100 и более лет).

В результате анализа оказалось, что 10—11-летний цикл динамики эпидемий статистически достоверен и существенно преобладает над встречаемостью других периодов колебаний. Интересно, что среди последних ведущее место занимает 5—6-летний цикл, равный полупериоду солнечной активности, который, например в динамике дифтерии, проявился в 32 из 50 исследованных рядов. Аналогичные результаты получены и при анализе динамики других инфекций. Так, при скарлатине 11-летний цикл обнаружен в 90% случаев, и его средняя амплитуда составила 22% от абсолютной амплитуды исходных рядов, что дает основание считать эту вариацию крупной и оказывающей серьезное влияние на динамику эпидемического процесса.

Довольно иллюстративно это подтверждается данными о числе умерших на 100 заболевших при коклюше (рис. 4). На фоне многочисленных и разнородных колебаний «отфильтровывается» методом разности скользящих средних четкая 10—11-летняя гармоника, совпадающая с ходом планетарного индекса K_p магнитной возмущенности земного поля, возбуждаемого, как известно, корпускулярными потоками Солнца. Характерной особенностью магнитных возмущений является их усиление и учащение не только на максимумах, но и на предминимумах солнечного цикла, когда пятен бывает немного, но они более значимы для нас,

проникает в биосферу, подчас весьма резко действуя на все живое.

В дни после солнечных вспышек часто тяжелых случаев заболевания значительно выше, чем в дни спокойного Солнца. Особенно высока она на вторые сутки после очередной мощной солнечной вспышки, причем наибольшая частота отмечается в годы спокойного Солнца (1952, 1953, 1954 и 1963, 1964). Возможно, в годы «бурного» Солнца у людей вырабатывается какая-то приспособительная адаптация к солнечным взрывам. В годы же спокойного Солнца лица, больные атеросклерозом и гиперто-

нией, оказываются неподготовленными к очередным взрывам.

Каков же механизм воздействия активности Солнца на организм человека?

Как известно, нервные окончания реагируют на ничтожную энергию, составляющую иногда десятиллиардные доли эрга. При солнечных вспышках колебания энергии, достигающей земной поверхности, составляют доли эрга на один квадратный сантиметр в секунду. Разумно допустить, что высокоорганизованная центральная нервная система, в деятельности которой не последнюю роль играют электрические процессы, не может

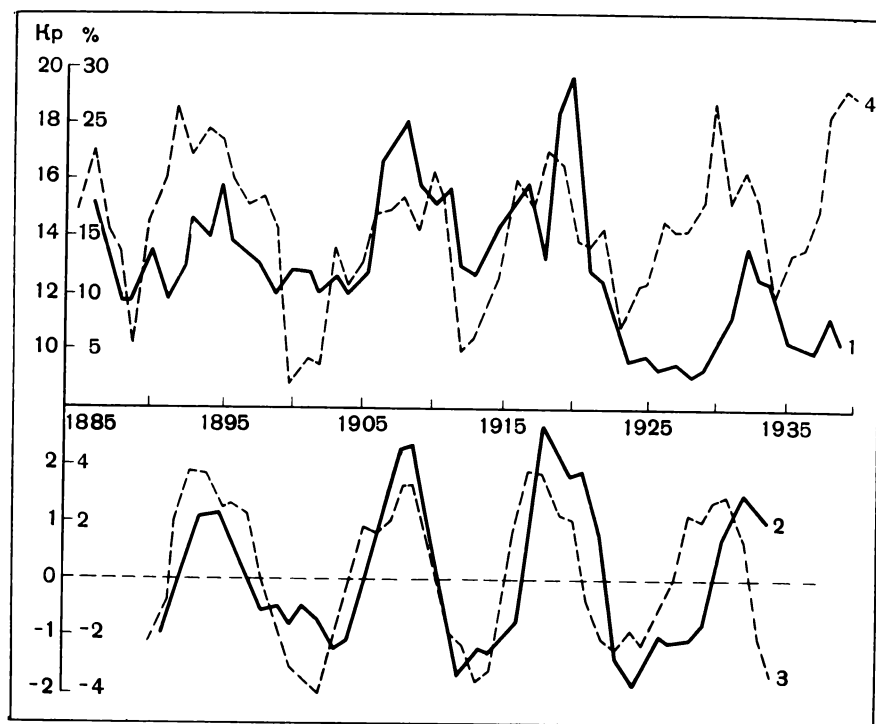


Рис.

1 — кривая летальности при коклюше в Москве, 2 — ее модифицированная кривая с исключением периодов менее 5 и более 14 лет (достигается вычитанием 11-летних из 5-летних скользящих средних значений), 3 — то же для динамики планетарного индекса магнитной возмущенности Kp (4)

остаться безразличной к изменениям активности Солнца. Раздражение центральной нервной системы, в том числе так называемого бульбарного центра блуждающего нерва, который, по И. П. Павлову, является важнейшим центробежным нервом сердца, ведет к изменению сердечной деятельности. Здоровое сердце с этим справляется безболезненно, а больное с трудом.

Разумеется, предлагаемое нами объяснение нуждается в экспериментальной и клинической проверке.

Показательны наши наблюдения за самоубийствами и автомобильными авария-

ми. Оказывается, люди со слабым типом нервной системы, а также хронические алкоголики после взрывов на Солнце чувствуют себя крайне подавленными. В результате число самоубийств на вторые сутки после солнечных взрывов возрастает в 4—5 раз по сравнению с днями спокойного Солнца.

Поводы для самоубийств, которые в дни спокойного Солнца кажутся несущественными, в дни после солнечных вспышек представляются непреодолимыми.

Число автомобильных аварий на второй день после солнечных вспышек также значительно возрастает — почти в четы-

поскольку располагаются у экватора Солнца, откуда его излучение легче достигает Земли. Отсюда становится понятной приуроченность эпидемических подъемов не только к максимумам, но и к минимумам солнечного цикла и возникновение 5—6-летней ритмики солнечнообусловленных явлений. Действительно, например, наибольшие показатели индекса Кр на рис. 4 отмечаются в 1930—1932 гг., в то время как максимум солнечной активности был в 1928 г.

Существует еще одна весьма интересная особенность солнечной деятельности, заключающаяся в том, что на протяжении одного и того же цикла возникают резкие изменения скорости роста или падения числа солнечных пятен. Согласно шкале И. П. Дружинина, это имело место в 1901, 1903, 1905, 1906, 1907, 1908, 1910, 1915, 1917, 1918, 1920, 1922, 1925, 1928, 1930, 1932, 1936, 1940, 1942, 1946, 1948, 1950, 1952, 1956, 1961, 1964 гг.

Сопоставив эти даты с моментами «переломов», т. е. изменений динамики эпидемического процесса в ту или иную сторону, мы получили весьма выраженную концентрацию «переломов» в годы солнечных реперов. Например, для заболеваемости корью в СССР переломы ее хода в 20 случаях из 26 ожидавшихся имели место точно в моменты резких изменений солнечной активности, что дает основание утверждать с вероятностью более 99% реальность указанной связи. В целом, проведя статистическую оценку методом «хи-квадрат», мы получили следующие результаты. При исследовании динамики 10 массовых инфекций в разных странах с общим числом подвергнутых испытанию лет 4750 вероятность случайности различий частот переломов хода эпидемий в годы резких изменений солнечной активности и во все другие годы оказалась менее 0,01%.

Отсюда следует, что на протяжении одного 11-летнего цикла в динамике эпидемического процесса происходит «дробление» цикла на ряд мелких колебаний и поэтому маскируется основная 11-летняя тенденция эпи-

Год	Отношение числа аварий к общему количеству дней			Дни спокойного Солнца	Среднее за год
	1-й день	2-й день	3-й день		
1958	0,10	0,20	0,08	0,09	0,12
1959	0,11	0,21	0,04	0,03	0,10
1960	0,11	0,21	0,11	0,09	0,13
1961	0,16	0,31	0,16	0,09	0,18
1962	0,19	0,36	0,18	0,06	0,20
1963	0,40	0,15	0,18	0,08	0,12
1964	0,13	0,29	0,16	0,07	0,16
Среднее	0,14	0,25	0,14	0,07	0,14

ре раза по сравнению с днями спокойного Солнца.

Вот таблица, подтверждающая эту гипотезу.

Как видно из этих данных, статистически достоверная разница выявляется очень заметно.

К. Вернер в Гамбурге и Р. Рейтер в Мюнхене, так же как и мы, констатировали на большом материале об автомобильных авариях (около 100 тыс.) резкое увеличение их числа на второй день после солнечной вспышки. В 1954 и 1955 гг. Рейтер при вспышках на Солнце посредством автоматической записи регистриро-

демической волны. Вероятно, часть циклов эпидемического процесса длительностью 2—4 года (по нашим данным, 44%) можно отнести за счет аналогичных «периодов» в чередовании солнечных реперов.

Каковы могут быть объяснения подобной зависимости, кроме тех, которые были высказаны ранее в отношении природноочаговых болезней?

В первую очередь, поскольку инфекция есть результат внедрения в организм бактерий или вирусов, необходимо проследить значение гелио-геофизических факторов для их жизнедеятельности. Впервые это было сделано в 1935 г. С. Т. Вельховером, опубликовавшим результаты 9-летней работы с коринебактериями, к которым относится и возбудитель дифтерии. За период наблюдений усиление их роста и изменение биологических свойств за пределы 49%-ного уровня отклонений от прежнего состояния хорошо согласовались с динамикой солнечной активности. Например, на максимуме солнечной активности 1927—1928 гг. зарегистрировано соответственно 36 и 25 резких изменений свойств микробов, в то время как на минимуме 1933 г. всего лишь 7 отклонений от прежнего состояния.

Интересно, что некоторое повышение частоты микробиологических изменений обнаруживалось и в годы особенно сильных магнитных возмущений на предминимуме солнечного цикла. Напротив, лабораторная культура дифтерии, содержавшаяся в свинцовом цилиндре, только 9 раз меняла свои свойства за весь 9-летний период наблюдений.

Это можно сопоставить с опытами Г. Вильдфюра (1957 г.), наблюдавшего сезонные колебания вирулентности и токсинообразования микробов с ускорением их размножения и повышением резистентности к губительным факторам в зависимости от времени года. Но, пожалуй, наиболее интересна изменчивость вируса гриппа, являющаяся одним из факторов изменений эпидемического процесса.

При первом знакомстве с историей эпидемий гриппа (рис. 5) трудно уловить какую-либо систему их возникновения: промежутки между грип-

вал у людей замедление реакции на сигнал в четыре раза по сравнению с реакцией во время дней спокойного Солнца. Цель всех этих исследований — борьба за долголетие человека. Если наши выводы будут окончательно подтверждены, значит, необходима профилактика. Если астрономы будут своевременно предсказывать дни резкого возрастания солнечной активности, медики (при современном арсенале средств борьбы за здоровье человека) сумеют своевременно принять нужные меры. Автоинспекция же предостережет водителей транспорта от возможных несчастных случаев.

Следует при этом заметить, что гололед и туманы почти не дают увеличения количества транспортных катастроф, так как в эти дни водители ведут машины осторожнее обычного.

Накопление новых данных о действии солнечных вспышек необходимо также для всесторонней подготовки космонавтов к полетам по Солнечной системе.

Мы убеждены в том, что в будущем (пока, правда, неизвестно — далеко или близко) для старта межпланетных пассажирских ракет необходимо будет выбирать периоды спокойного Солнца.

В. Десятов

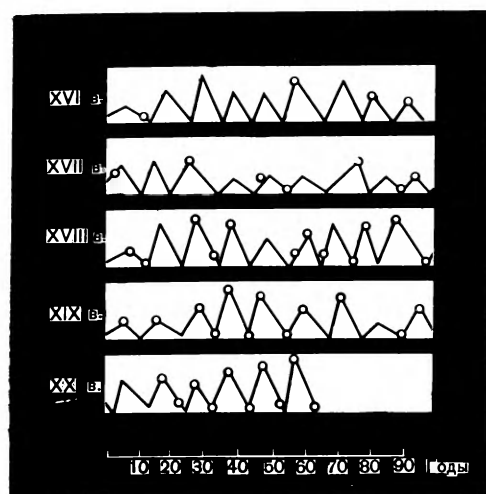


Рис.

Начальные даты эпидемических циклов гриппа (кружки) и кривая солнечной активности

позными вспышками охватывают от 2 до 5—6 лет, а период затишья между пандемиями 1899 и 1918 гг. продолжался более 20 лет. При этом первая всемирная эпидемия возникла на фоне относительной стабильности социальных условий, в то время как знаменитая «испанка», унесшая 20 миллионов жизней, завершала первую мировую войну.

Для выяснения значений цикличности при гриппе нами проведен спектральный анализ одной из надежных статистик — смертности от гриппа в Англии и Уэльсе за 107 лет. Наибольшими по силе проявления оказались гармоники в 2, 11 и 16—20 лет. Первая, вероятно, соответствует колебаниям уровня иммунитета населения, а гармоники в 16—20 лет могут быть связаны с подобными же геофизическими циклами, отмеченными многими авторами, и это не удивительно, ибо погодные изменения играют существенную роль в распределении гриппозных эпидемий. Цикл в 11 лет скорее всего есть отражение солнечного влияния.

Действительно, при рассмотрении времени выявления и циркуляции различных вариантов вируса гриппа привлекает внимание сходство периода их активного обращения с колебаниями солнечной деятельности (рис. 6). Так, почти непрерывный ряд эпидемий, вызванных с 1947 г. вирусом А-1, сменился циклом пандемического распространения гриппа на максимуме векового и 11-летнего циклов солнечной деятельности в 1957 г., обусловленного появлением нового в истории гриппа вируса А-2, к которому население Земли оказалось беззащитным. Как и следовало ожидать, некоторые изменения биологических свойств вируса происходили и в эпохи минимумов солнцедельности при повышенной магнитной активности, что отражалось и в распределении эпидемий. Например, значительные эпидемии гриппа наблюдались вблизи минимумов солнечного цикла — в 1952 и 1962 гг.

Есть все основания полагать, что смена типового пейзажа вируса гриппа связана с какими-то элементами солнечного излучения, называем-

мыми А. Л. Чижевским «зет-факторами», однако в настоящее время трудно установить их конкретное содержание без проведения соответствующих экспериментов, хотя в искусственных условиях показано, что почти все агенты солнечной радиации обладают выраженным биологическим и мутагенным эффектом.

Реальным выходом в практику здравоохранения будет прогноз эпидемий. Краткосрочные прогнозы основываются на обычных эпидемиологических факторах, таких, как скорость и возможность проникновения больных в данную местность при учете состояния иммунитета, прогнозов погоды и т. п. Такой прогноз в отношении гриппа, но с учетом солнечных возмущений, вызвавших бурные пертурбации в атмосфере, был опубликован нами 16 ноября 1966 г. Эпидемия возникла в конце 1966 г. и достигла максимума в начале 1967 г. В 1966 г. нами опубликован и долгосрочный прогноз эпидемии, ожидавшейся в 1968—1969 гг. Этот прогноз также полностью оправдался серией эпидемий, вызванных новым вариантом вируса гриппа «Гонконг», распространившимся в 1968 г. из Юго-Восточной Азии и в начале 1969 г. достигшим территории СССР.

Мы подробно остановились на зависимости смены типового состава возбудителей инфекционных болезней от состояния солнечной деятельности, ибо этот вопрос является наименее изученным и весьма важным не только в отношении гриппа. Так, при дизентерии в нашей стране на максимуме солнечной активности 1957 г. заболеваемость была на 25% выше, чем в смежные 1956 и 1958 гг. Аналогичная ситуация повторилась и на текущем максимуме, что связано с включением в эпидемический процесс биологически отличных от ранее циркулировавших вариантов возбудителя дизентерии Зонне. Этот пример показывает также, что

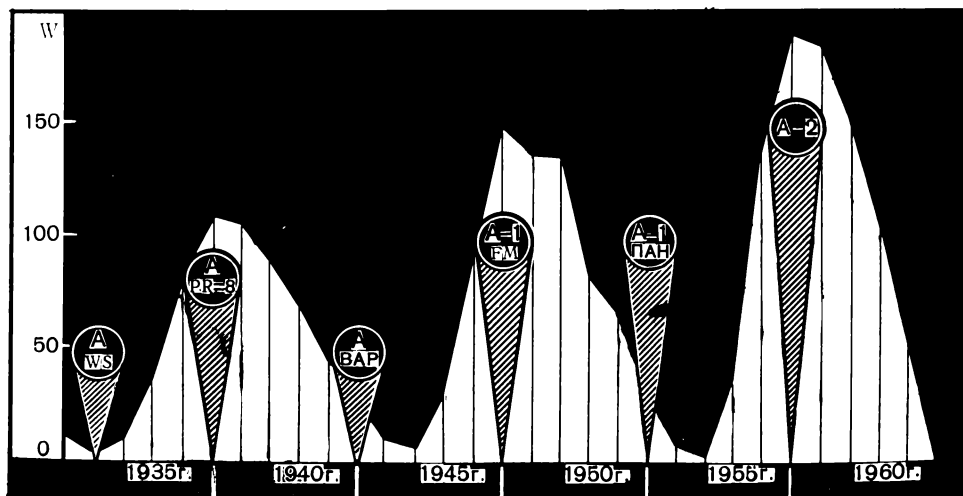


Рис. 6.

Выявление новых разновидностей вируса гриппа в связи с характерными периодами активности

цикличность присуща не только инфекциям с воздушно-капельным механизмом передачи возбудителя, но и кишечным инфекциям. Дополнительным подтверждением этому может служить разившаяся в последнее десятилетие эпидемия холеры, связанная с широким распространением вибриона Эль Тор, который ранее ограничивался лишь локальными вспышками, а ныне вытеснил «классические» штаммы холерного вибриона даже в Индии.

Однако влияние изменчивости микроорганизма на течение эпидемического процесса может проявляться только во взаимодействии с организмом человека и только через активизацию механизма его передачи.

Роль различных видов излучения Солнца для организма человека хорошо показана различными аспектами краевой и общей климатофизиологии. В работах Н. А. Шульца и В. А. Козлова приводятся доказательства изменений состава крови — носительницы защитных сил организма в зависимости от фазы солнечного цикла, его неперiodических и сезонных вариаций и географической широты. Н. В. Васильевым проводится мысль, что действие магнитных полей на иммунологическую настроенность организма связано с чувствительностью к ним иммунокомпетентной ткани, в частности костного мозга, что прослежено и в соответствующих экспериментах. Кроме того, хорошо известна роль обычных климатических факторов в формировании предрасположенности человека к инфекции.

Разумеется, что все эти вопросы заслуживают детального изучения и ряд выдвигаемых нами гипотез требует экспериментальной проверки.

Некоторые выводы

Зависимость биологических явлений от космических сил, по-видимому, является всеобщей закономерностью. В этом отношении эпидемический процесс служит хорошей моделью, поскольку захватывает в свою орбиту все элементы и ступени биологических систем, начиная от вируса и растений и кончая организмом человека. При этом необходимо подчеркнуть, что все изменения эпидемического процесса есть следствие социальных и природных воздействий на источник возбудителя инфекции, пути его передачи и восприимчивый коллектив. За счет социальных воздействий образуются систематические изменения процесса, а его периодические колебания обусловлены природными факторами, которым присуще свойство к периодическим изменениям — смена дня и ночи, сезонов года, солнечные и лунные ритмы и пр. Для многолетних циклов биологических процессов наибольшее значение имеют колебания солнечной активности.

Подтверждением этому служат успехи изучения многих процессов в биосфере в связи с космическими факторами. Так, К. Ф. Новиковой, А. П. Шушаковым и Б. А. Рывкиным в содружестве с гелиогеофизиками (Л. А. Вительс, М. Н. Гневышев, А. И. Оль и др.) разрабатываются практические рекомендации по профилактике инфарктов миокарда и мозговых инсультов с учетом солнечно-магнитных изменений. Вариации состава крови в зависимости от космических причин, как это показано

Н. А. Шульцем, А. Т. Платоновой и В. А. Козловым, настолько значительны, что результаты их работ уже нашли отражение в теории и практике гематологии. На пути к практическому применению находятся и опыты А. К. Подшибякина по сопоставлению кинетики электропотенциалов кожи человека с гелиомагнитными факторами. Важны и наблюдения В. П. Десятова, отметившего связь смертности и частоты несчастных случаев с возмущениями ионосферы. Наблюдения этого автора были проведены под влиянием работ старейшего энтузиаста космической биологии П. М. Нагорского, поставившего вслед за А. Л. Чижевским серию опытов по экранизации биологических объектов от космического излучения. В целом же все эти исследования подтверждают результаты основополагающих работ А. Л. Чижевского, впервые обосновавшего гипотезу о многообразном влиянии космических агентов на биосферу Земли.

Может быть, еще не во всех отраслях науки имеется достаточно фактических подтверждений реальности солнечно-земных связей, но мы должны иметь их в виду, поскольку, например, четкие статистические зависимости между солнечной активностью и онкологической заболеваемостью, представленные в 1968 г. И. В. Галактионовой и С. Н. Куприяновым, дают перспективу исследований в этом направлении.

Солнечно-биологические связи интересны не только в применении к медицине. Работами И. Б. Бирмана обнаружено существование сложной, но достаточно выраженной зависимости уловов рыбы от солнечной «погоды». Ныне уже стали классическими исследования Н. С. Щербиновского по прогнозированию нашествий саранчи, связанных с 22-летним циклом солнечной активности. Изменение численности промысловых видов животных и вредителей сельского хозяйства в зависимости от солнечных циклов может иметь большое значение, в частности по данным Э. Я. Тауриньша и А. А. Максимова, в деле прогнозирования. Кормовые условия для животных определяются состоянием урожайности растений. Судя по историческим сведениям, приводимым Т. В. Покровской и Н. И. Княгиничевым, особо неурожайные годы в России наблюдались в определенные эпохи солнечной деятельности, например в центральной полосе в 1881, 1891, 1901, 1911, 1921, 1932 гг. Ныне в связи с ростом культуры земледелия и плановым ведением хозяйства солнечно-урожайные связи значительно ослаблены, но потенциальная возможность недородов увеличивается в отдельные периоды солнечного цикла. Поэтому с солнечной ритмикой, как это показано К. А. Дорофеевым и другими авторами, оказываются связанными эпизоотии ящура, энцефаломиелита лошадей, чумы свиней и сибирской язвы.

Можно было бы привести еще множество соображений и фактов в пользу необходимости расширения исследований в области гелиобиологии. Но и сказанного достаточно, чтобы почувствовать, что страна, где родилась гелиобиология, постепенно становится центром ее дальнейшего развития.

В ритме Солнца

А. К. ПОДШИБЯКИН,
доктор медицинских наук

Установлено, что колебания солнечной активности отражаются на многих земных явлениях. С. И. Костин, например, рассмотрел колебания климата на русской равнине за последние 4000 лет, измеряя толщину илов, отложившихся на дне озер Южной Карелии и Крыма. Мощность отложений ила, как известно, зависит от гидрометеорологических условий. Это позволило сделать вывод о том, что годы с наибольшей и наименьшей толщиной иловых отложений соответствовали годам с наибольшим и наименьшим количеством годовых осадков.

Средний промежуток между экстремумами ежегодной толщины отложений ила близок к 11,3 года. Таким образом, обнаруживается связь между изменением климата, толщиной озерных отложений и 11-летним циклом изменения активности Солнца.

Соответственно солнечным циклам меняется соленость Балтийского моря, уровень воды в Каспийском море и в озере Виктория, ледовой режим полярных морей, полноводность и миграция рек. В зависимости от состояния Солнца изменяются мощность полярных сияний, степень возмущенности электромагнитосферы Земли и другие факторы, от которых зависит радиосвязь.

Даже состояние коллоидов и скорость течения некоторых химических реакций определяется состоянием Солнца. Дж. Пиккарди показал, что скорость оседания коллоидных растворов (водного раствора хлористого висмута) есть функция фазы солнечной активности и сомневаться в ее реальности не приходится. Аналогичный факт наблюдается и в производстве искусственного шелка, когда выверенный, автоматизированный и строго контролируемый технологический процесс нарушается из-за сдвигов на Солнце.

Существует четко выраженная связь между температурой замерзания малых количеств переохлажденной воды, интенсивностью пятнообразовательных процессов на Солнце и степенью возмущенности магнитного поля Земли. Естественно ожидать, что все эти явления и факты, особенно изменения свойств коллоидов и воды, отражаются и на биосфере Земли. Ведь все живое в той или иной степени связано с водными растворами белка, коллоидов, солей.

В связи с этим большой интерес представляют исследования, подтверждающие подобные зависимости. Так, Р. Л. Берг показала общепланетарное повышение мутаций у мушек-дрозофил, совпадающее с усилением активности Солнца. Н. В. Шульц выявил связь функциональных лейкопений с циклической активностью Солнца. А. И. Гартман установила то же самое с относительными лимфоцитозами. Аналогичная зависимость в колебании нейтрофильных лейкоцитов и абсолютного числа эози-

нофилов в крови человека в течение 11-летнего солнечного цикла была показана В. А. Козловым с группой сотрудников.

По данным В. В. Кохановского и Ф. Ф. Морозова, соответственно увеличению и ослаблению солнечной активности следует нарастание и спад систолического и минутного объема сердца. Систолическое давление в первую половину солнечного цикла (с 1954 по 1957 г.) заметно нарастало (в среднем у юношей на $10,4 \pm 2,17$ мм рт. ст. и у девушек на $7,3 \pm 0,98$ мм рт. ст.). Более выражено в этот период нарастало диастолическое давление крови, которое по прохождении максимума солнечной активности в 1957—1958 гг. вновь начало снижаться.

Имеются данные о влиянии 11-летнего солнечного цикла на протекание некоторых биофизических, точнее электрических, процессов в коже человека.

Электрические потенциалы кожи человека отражают некоторые биофизические и биохимические изменения, которые происходят как в самой коже, так и в организме в целом. Их изменения обусловлены электрохимическими особенностями внутриклеточных активных белков. Но если взять среднеарифметическое значение величин электрических потенциалов кожи за месяц у группы лиц и сопоставить их со среднемесячными числами Вольфа (т. е. числами, характеризующими солнечную активность), то удастся обнаружить некоторую связь. В 1947—1948 и в 1957—1958 гг. активность Солнца достигала максимума. В 1953—1954 и в 1964—1965 гг. она снижалась до минимума.

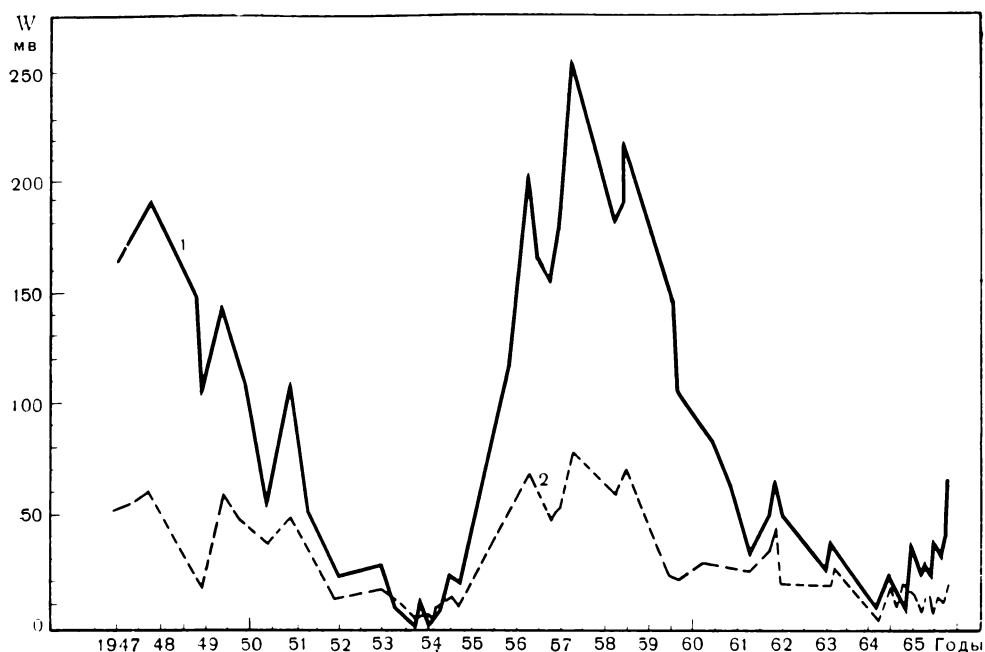
Оказывается, в периоды максимума солнечной активности величины электрических потенциалов повышались, в период минимума, наоборот, снижались. Как видно из рисунка, экстремумы среднемесячных величин статических электрических потенциалов и среднемесячных значений чисел Вольфа (W) совпадают.

Известно, что состояние магнитного поля Земли колеблется в зависимости от активности Солнца.

В. Цирак, анализируя данные о начале родовой деятельности и сопоставляя их с состоянием магнитного поля Земли, констатировал, что во время значительных магнитных бурь родовая деятельность наступает реже. Природа как бы не допускает появления на свет человека при неблагоприятной магнитной «погоде».

Р. Рейтер установил, что при хромосферных вспышках на Солнце реакция человека на сигнал замедляется почти в 4 раза. Он также отметил выраженную зависимость между временем наступления и усиления фантомных болей, ухудшением состояния больных после операций на головном мозге и хромосферными вспышками на Солнце. На основании анализа 150 тыс. несчастных случаев и катастроф Р. Рейтер выявил, что наибольшее число их приходится на дни со значительными возмущениями на Солнце.

В. П. Десятов, используя судебно-медицинский материал 4000 несчастных случаев и скоропостижных смертей, нашел определенное соотношение между смертностью и состоянием Солнца. В дни возмущений на Солнце смертность увеличивается в полтора раза по сравнению с показателями «спокойных» дней.



Изменения среднemesячных значений чисел Вольфа (1) и среднemesячных величин статических электрических потенциалов кожи человека (2)

Р. Мартини рассмотрел 5580 несчастных случаев, имевших место в угольных копях Рура. Он установил, что частота их значительно увеличивается в дни геомагнитных бурь и в дни, когда через центральную зону Солнца проходила большая группа пятен. Причиной этого, по мнению А. Л. Чижевского, может быть снижение волевых качеств человека и повышение его возбудимости. Проведенный нами статистический анализ выяснил, что у собак в дни геомагнитных бурь увеличиваются вариации величин условных пищевых рефлексов и растормаживается дифференцировка, что в свою очередь приводит к изменению аналитико-синтетической деятельности головного мозга, т. е. собаки «хуже соображают», что им можно делать, а чего нельзя.

В 1962 г. М. Пумайоу и Р. Виарт обратили внимание на то, что при выраженных геомагнитных бурях ухудшается состояние сердечно-сосудистых больных и увеличивается смертность их от инфаркта миокарда. Анализ этого факта, проведенный К. О. Новиковой, Т. Н. Пановым, А. Н. Шушаковым на 455 больных с достоверным инфарктом миокарда, выявил интересную зависимость. Оказывается, число заболеваний стало пропорционально степени возмущенности магнитного поля Земли.

Б. А. Рывкин рассмотрел 2305 случаев инфаркта миокарда, имевших место в Ленинграде в 1963 г. Он обнаружил, что в дни высокой солнеч-

ной активности и соответственно геомагнитных бурь среднее число инфарктов миокарда возрастало. При этом в остром периоде заболевания 85 % смертных исходов приходилось на время высокой солнечной активности.

Мы также провели предварительный анализ заболеваемости и смертности от инфаркта миокарда, наблюдавшейся в Кисе в 1966 г. Из 1585 случаев заболеваний инфарктом миокарда 75 % возникло за один день до магнитной бури, во время бури и один день спустя после бури. Характерно, что в эти дни заболеваемость инфарктом миокарда была более выражена в марте — 77,2 % и в сентябре — 100 %, а смертность соответственно 87 % и 100 %. Зато в мае совпадение заболеваемости с магнитными бурями составило только 40,4 %.

Примеры влияния изменений в солнечной активности (соответственно в состоянии магнитного поля Земли) на деятельность сердечно-сосудистой системы могут быть дополнены и другими данными.

Реакция оседания эритроцитов (РОЭ) крови у здоровых собак (по данным В. П. Колодченко, 1968 г.) строго и достоверно коррелировала со степенью возмущенности магнитного поля Земли. Во время магнитных бурь РОЭ ускорялась, по прохождении их — снижалась.

У отдельных собак (особенно ослабленных оперативным вмешательством, связанным с созданием второго, павловского, желудочка) при сопоставлении кислотности желудочного сока и его количества с величиной горизонтальной составляющей магнитного поля Земли удается обнаружить некоторые признаки связи. Чем выше возмущенность магнитного поля, тем оказывается ниже кислотность желудочного сока.

Этот факт представляет интерес как развитие идей А. Л. Чижевского о том, что в периоды повышенной солнечной активности (соответственно более частых и резких возмущений магнитного поля Земли) увеличивается количество желудочно-кишечных заболеваний. Соляная кислота, содержащаяся в желудочном соке, является главным барьером, не по-

■ МЫ И СОЛНЦЕ

В последнее время гелиобиологические исследования привлекают все больше внимания широкой медицинской общественности. В Ленинграде и Москве, на Кавказе и в Крыму, в Свердловске, Иркутске и в других городах исследуется влияние изменений солнечной активности на частоту инфарктов, гипертонических кризов, различных проявлений нервных заболеваний. В большинстве случаев удается установить более или менее четко выраженные связи.

Подобные исследования были проведены нашей гелиобиологической группой при

Институте земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн Сибирского отделения Академии наук СССР. На большом материале, охватывающем полный цикл солнечной активности, показано влияние солнечных вспышек и магнитных бурь на состояние здоровья людей.

Магнитные бури представляют особый интерес. Они бывают разные. Специалисты разделяют их на бури с внезапным и постепенным началом. Как те, так и другие могут быть слабые, умеренные, сильные и очень сильные. Оказалось, что бури с внезапным и постепенным началом действуют неодинаково. Очень инте-

зволяющим проникать патогенным и другим бактериям из внешней среды в нижние отделы желудочно-кишечного тракта. При уменьшении количества соляной кислоты, что в некоторых случаях наблюдается при повышении солнечной активности, защитные свойства барьера желудка ослабляются. Это, естественно, может создать условия для проникновения различного рода бактерий в кишечник.

Еще в 1924 г. А. Л. Чижевский писал о влиянии крупных бурь на Солнце на нервно-психическую сферу нервно- и душевнобольных. Это проявлялось, по его словам, в расстройстве самочувствия, в нарушении волевых действий, в резко повышенной эмоциональной возбудимости и т. д. В 1930 г. он заметил, что не только больные, но и здоровые люди индивидуально не свободны от влияния изменений в активности Солнца. Дальнейшие исследования показали, что групповые реакции человека на гелио-геомагнитные возмущения действительно существуют.

Если взять для оценки реакций человека на гелио-геомагнитные возмущения величины статических электрических потенциалов кожи, измеряемые каждый день, и отбросить крайние разновидности этих реакций, то можно выделить две группы людей: преимущественно магнитостабильных и преимущественно магнитомобильных. По характеристикам нервной деятельности магнитостабильным лицам больше свойственна флегматичность, уравновешенность, спокойствие, настойчивость и упорство в работе по сравнению с магнитомобильными.

Максимальные изменения величин статических электрических потенциалов у магнитостабильных лиц наблюдались более четко за день и сутки спустя после магнитной бури. У магнитомобильных лиц максимальные приращения статических электрических потенциалов отмечались за четыре дня до магнитной бури и в день магнитной бури. В эти дни коэффициенты связи между возмущениями в магнитном поле Земли и среднеарифметическими величинами статических электрических потенциалов были наиболее значимы.

ресные данные получены для различных дней бури, а также дней до и после бури. Тот факт, что магнитное поле оказывает воздействие на живое, в настоящее время сомнений не вызывает. Но здесь еще много вопросов, в которых нужно детально разобраться. Тут мы вступаем в область магнитобиологии.

Все гелиобиологические исследования, проводившиеся до сих пор, были главным образом статистическими. Изучался тот или иной «показатель», и его изменения сопоставлялись с солнечной активностью. Такие работы представляют определенный интерес, но они не отвечают на вопрос о механизмах влияния

изменений солнечной активности на живое. Между тем, чтобы быть хозяевами положения, максимально использовать изменения на Солнце в интересах человека и до минимума свести их вред, мы должны четко знать, как и на какие механизмы живого действуют эти изменения. Путь к познанию закономерностей—широко развернутый лабораторный эксперимент с моделированием отдельных видов солнечной активности.

Живые существа способны переносить в определенных пределах изменения, происходящие в окружающей среде. В этих пределах обменные процессы в живых организмах протекают нормально. Здесь

Таким образом, у человека обнаруживается эффект опережения геомагнитных возмущений. Этот эффект более четко проявляется при наблюдении за изменением асимметрии в распространении статических электрических потенциалов на коже головы. У практически здорового человека может быть незначительная асимметрия величин статических электрических потенциалов на коже правой и левой половин головы. У больных эта асимметрия может быть значительной. Увеличение асимметрии у магнитомобильных лиц отмечается главным образом за четыре дня, а у магнитоустойчивых только за два дня до магнитной бури. Значения коэффициентов корреляции в эти дни более высоки по сравнению с другими днями.

В понимании эффекта опережения можно исходить в основном из двух предположений: селективной чувствительности живых организмов к весьма малым энергетическим воздействиям и различной скорости эмиссии солнечной материи в зону Земли.

Как пример селективной чувствительности можно привести только широко известные факты о том, что некоторые больные (ревматизмом, бронхиальной астмой и т. д.) по своим ощущениям за несколько суток могут судить о предстоящих изменениях погоды. Существует целый ряд данных о том, что задолго до землетрясения, штормов, холодной или теплой зимы животные своеобразно реагируют на это. Не исключена возможность, что и у человека, несмотря на специфические экологические условия его жизни, еще сохранились некоторые свойства «предчувствия» возможных возмущений в физических полях Земли.

Второе предположение в объяснении эффекта опережения геомагнитных возмущений может быть связано с различной скоростью внедрения солнечной материи в зону Земли. Простой математический расчет показывает, что расстояние от Солнца до Земли (около 150 млн. км) электромагнитные волны проходят примерно за 8 минут. Корпускулярный поток, который является «виновником» возмущений в магнитосфере Земли, ха-

на помощь приходят многочисленные приспособительные или, как их еще называют, компенсаторные реакции. Но если компенсация очень хороша у здорового организма, то при различных заболеваниях она в большей или меньшей мере ослаблена. А это значит, что к различным изменениям (даже к малым) организм больного значительно чувствительнее, чем организм здорового человека. Вот почему врачи имеют основание особенно тревожиться за больных, когда Солнце неспокойно.

Сейчас все чаще поднимается вопрос об астрономической медицинской службе, о том, чтобы солнечные прогнозы помога-

ли врачам в лечении больных и в профилактике различных осложнений.

У гелиобиологии много больших и важных задач. Они не ограничиваются только наблюдениями на поверхности Земли. Чем выше человек поднимается над Землей, тем больше он лишается защиты атмосферы, предохраняющей его от опасных солнечных излучений. Гелиобиология — наука, которая будет служить человеку и на Земле, и над Землей, и в беспредельных космических дальях.

А. Т. Платонова,
доктор биологических наук

рактизуется иными скоростями. При скорости распространения порядка 1000 км в сек. он проходит это расстояние примерно за двое суток.

По расчетам А. Б. Северного, начало магнитных бурь запаздывает в среднем на 26 часов по сравнению с моментом прохождения пятен через центральный меридиан Солнца.

Таким образом, повышение статических электрических потенциалов и увеличение асимметрии в их распределении примерно за двое суток до магнитной бури становится более понятным. Оно может быть обусловлено электромагнитным воздействием Солнца. Что же касается повышения потенциалов и увеличения асимметрии в их распределении за четверо суток, то механизм этого эффекта не ясен и подлежит дальнейшему изучению и анализу.

* * *

Из всего сказанного ясно, что знание реакций человека и животных на гелио-геофизические возмущения уже сейчас может иметь серьезное практическое значение. Следует подумать о создании специальной службы Солнца, которая сообщала бы работникам транспорта, медицинским и другим учреждениям о возможных гелио-геофизических возмущениях с целью предупреждения различных несчастных случаев на производстве, осложнений в течение хронических заболеваний у больных и других патологических явлений.

Человеку нужно иметь ясное представление о роли Солнца в жизни Земли, чтобы знать, чего следует опасаться, что и как можно использовать и с чем по мере сил придется бороться.

Жизнь, гравитация, невесомость

П. А. КОРЖУЕВ,
доктор биологических наук

Жизнь, гравитация, невесомость... Что может быть общего в сочетании столь разнородных понятий, характеризующих мир живой и неживой? Попытаемся ответить на это, исходя из двух положений, суть которых состоит в том, что организм и окружающая его среда представляют собой неразрывное единство и что силы гравитации оказывают неодинаковое действие на животных в зависимости от того, находятся ли животные в водной среде или на суше.

Жизнь на суше отличается от жизни в воде, в частности, тем, что на суше резко выражено действие сил гравитации. Первые выходцы на сушу среди позвоночных столкнулись с одной из самых серьезных трудностей. Для того чтобы добывать себе пищу или спастись от неблагоприятных условий, им необходимо было передвигаться, а в наземных условиях это означало преодолевать резко возросшее действие сил гравитации, к чему они совершенно не были приспособлены, ибо в воде организм почти не испытывал действия этих сил и находился в состоянии, близком к состоянию невесомости.

Переход в другое гравитационное поле сопровождался фундаментальными изменениями не только структуры организма, но и его функций, а вместе с тем и его энергетики. Впервые должная оценка роли гравитации в жизни организма была дана К. Э. Циолковским еще в 1882 г. В статье «Биология карликов и великанов», рассматривая вопрос о соотношении размеров организмов и планеты, на которой эти организмы обитают, К. Э. Циолковский писал: «Будь иная сила тяжести на нашей планете — и размер наиболее совершенных людей, как, впрочем, и всех других существ, изменился бы. Например, при уменьшении тяжести в 6 раз (как на Луне) рост человека мог бы увеличиться в 6 раз, масса в 216 раз, сила мускулов в 35 раз; соответственно увеличился бы и мозг. Такой человек благодаря силе своих мышц (и обширному уму) оказался бы победителем несмотря на то, что в борьбе с мертвой природой маленькие люди имели бы больше физических преимуществ».

Значительно позднее появились высказывания отдельных биологов о том, что форма животных, за немногими исключениями, касающимися водных животных, полностью обусловлена силами земного притяжения, что силы тяжести влияют на все тела и что всё, что каким-либо образом связано в растительном и животном мире с понятием брюшной или спинной стороны, правого или левого бока, носит на себе печать силы тяжести, отражающейся на строении организма. Мысль, аналогичная ранее высказанной К. Э. Циолковским, была развита в 1917 г. Томпсоном, который утверждал, что размеры животных зависят от размеров нашей планеты и что в случае удвоения силы тяжести большинство

наземных форм походило бы на коротконогих ископаемых рептилий, а при уменьшении вдвое силы тяжести, наоборот, они стали бы легкими, тонкими, более активными, но требующими меньше энергии.

В 1960 г. наш соотечественник В. Я. Бровар сделал попытку выявить зависимость, имеющуюся между силами гравитации и строением организма, на примере изучения сельскохозяйственных животных. Он подчеркивал, что рассматриваемые вопросы «представляют значительную степень новизны, а потому при сопоставлении с некоторыми обычными биологическими представлениями и некоторую чуждость, в иных пунктах неясность...» Все эти высказывания показывают, что гравитация представляет собой фактор, имеющий колоссальное значение, однако, находящийся до сих пор вне поля зрения биологов. Несомненно, что силы гравитации — один из самых мощных факторов, определяющих характер эволюции жизни на нашей планете, и выявление закономерностей эволюции организмов невозможно вскрыть, игнорируя роль гравитации.

Роль гравитации можно было бы выявить очень просто, если бы мы были в состоянии создавать на Земле условия длительной невесомости. Пока это не представляется возможным, а потому характер воздействия гравитации на организм животных и человека остается неясным.

Поскольку, однако, поверхность нашей планеты покрыта водной оболочкой только на три четверти, а одну четверть составляет суша и поскольку организмы обитают и в воде и на суше, то имеется возможность выявить роль сил гравитации в жизни этих двух групп животных.

В настоящее время это, пожалуй, единственная возможность определить роль гравитации в эволюции жизни на Земле.

Научные данные, касающиеся особенностей биологии различных групп позвоночных животных, уже сейчас позволяют сделать вывод, что эволюция наземных позвоночных животных представляет собой в основном *эволюцию приспособлений, направленных на преодоление сил гравитации.*

Биологи до сих пор игнорировали этот аспект исследований, интересуясь главным образом влиянием таких факторов, как температура, свет, влажность и др., имеющих, несомненно, важное значение для характеристики особенностей биологии изучаемых групп животных. Однако без выявления роли гравитации нельзя в полной мере оценить и роль других факторов, ибо поведение животного в значительной мере определяется тем, насколько совершенно преодолевается им сила тяжести. Это преодоление предполагает определенный уровень энергетики, а тем самым и интенсивности дыхания, питания. Короче, все поведение животного в значительной мере определяется степенью совершенства механизмов преодоления гравитации.

Для суждения о степени совершенства механизмов преодоления сил гравитации у различных представителей наземных и водных животных приведем схему из фундаментальной работы члена-корреспондента АН СССР Л. А. Зенкевича «Очерки по эволюции двигательного аппарата животных» (1944), в которой сопоставляются способы движения различных групп современных животных. На этой схеме в весьма наглядной форме показана эволюция способов передвижения животных в широком филогенетическом плане.

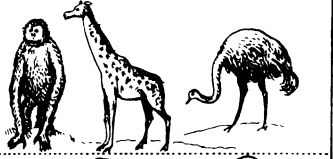
Воздушная среда	Полет		
	Сильное укорочение тела. Преодоление метамерии. Прямоходячесть		
	Наземные животные с удлинённым телом. Движение волновое и рычажное		
	Водные животные с длинным сегментированным телом. Волновое движение при подсобном участии зачаточных конечностей		
Водная среда	Водные животные с очень длинным несегментированным движением		
	Движение ресничное и формирование волнового движения		
	Ресничное движение. Начальные фазы волнового движения		
	Амебообразное (гидравлическое) движение		

Схема филогенетического развития формы тела, сегментации и основных способов движения животных (по Л. А. Зенкевичу)

Л. А. Зенкевич различает четыре основных способа передвижения животных: амебообразное (гидравлическое), ресничное (или жгутиковое), волнообразное изгибание тела или его краевых лопастей (или мембран) и передвижение при помощи конечностей. Есть еще реактивный тип движения, однако он имеет ограниченное распространение.

Движение при помощи волновых изгибов тела или его краевых лопастей (или мембран) встречается у простейших, а из многоклеточных — у многочисленных червей и некоторых членистоногих, у моллюсков, рыб, амфибий, рептилий и водных млекопитающих. Шагающий способ передвижения свойствен некоторым корненожкам и инфузориям, некоторым кишечнополостным, турбелляриям, коловраткам, пиявкам, иглокожим, не говоря уже о членистоногих и позвоночных животных.

Что касается последних, то у наземных представителей позвоночных получили мощное развитие конечности, представляющие сложную систему рычагов, обеспечивающие весьма высокие скорости передвижения. Впрочем, в обеспечении максимальных скоростей передвижения участвует не только система конечностей, но и весь организм.

Следует отметить, что первые выходцы на сушу — амфибии — имеют еще слабые конечности. Животные в буквальном смысле слова ползают на брюхе, а тело сохраняет форму, характерную для рыб. Наоборот, у высших представителей позвоночных животных, уже в совершенстве преодолевающих действие гравитации, имеется сложная система рычагов в виде конечностей и очень укороченное туловище.

В водной среде, где действие гравитации резко ослаблено, достаточно относительно простых приспособлений для осуществления передвижения животных. В наземных условиях для этого требуются весьма прочные структуры в виде сложной системы рычагов и резкое изменение формы тела — его укороченность, или «сбитость». Безусловно, такая эволюция структур для передвижения организма в наземных условиях имеет огромное приспособительное значение как для добывания пищи, так и для предохранения от неблагоприятных условий.

Представляют интерес данные о темпах передвижения некоторых представителей наземных и водных животных. Обращает на себя внимание то обстоятельство, что во всех трех средах — водной, воздушной и наземной — максимальная скорость передвижения примерно одного по-

Таблица 1

Скорость передвижения некоторых животных

Животное	Среда	Скорость, км/час	Животное	Среда	Скорость, км/час
Стриж	Воздух	Свыше 100	Гепард	Суша	Свыше 100
Стрекоза	»	До 95	Сайгак	»	До 75
Рыба-меч	Вода	Свыше 100	Лошадь	»	» 60
Дельфин	»	» 70	Черепаша	»	» 0,4

рядка, около 100 км в час (табл. 1). Несомненно, что примерно одинаковые максимальные скорости в трех разных средах — воде, воздухе и на суше — оплачены разными усилиями, разной затратой энергии и поэтому, например, в воздушной и водной среде животные могут в течение длительного времени передвигаться с максимальными скоростями, тогда как в наземных условиях такие высокие скорости животное в состоянии развивать лишь в течение очень короткого времени, порядка нескольких минут. Такие летуны, как стрижи, или такие быстроходные рыбы, как тунцы, скумбрии и др., в течение многих часов находятся в движении, тогда как самое быстроходное наземное животное гепард способен развивать высокую скорость лишь в течение нескольких минут.

Каковы те морфо-функциональные механизмы, которые позволяют животным осуществлять передвижение с максимальными скоростями в разных средах — водной, наземной, воздушной? Если говорить о позвоночных животных, то в ряду приспособлений, направленных на преодоление сил гравитации, основное значение принадлежит скелету, обеспечивающему не только механическую прочность, но и уровень энергетических затрат организма. Морфологи до сих пор рассматривают скелет преимущественно как каркас, определяющий форму организма, и как систему рычагов для передвижения животного. При этом обращают внимание на появление полостей в трубчатых костях как на основное условие прочности костей. Иначе говоря, скелет рассматривается лишь как механическая система, выполняющая опорно-защитно-двигательную функцию организма. Однако представление о скелете только как о механической системе односторонне, а потому и не соответствует его действительному биологическому значению.

Точно так же представление о костном мозге как о самостоятельном органе надолго затормозило изучение вопроса о биологических причинах, вызвавших к жизни костный мозг и обусловивших его становление в процессе эволюции. Причины эти стали ясными лишь при сравнительном изучении не только качественных, но и количественных особенностей скелета различных представителей позвоночных животных. Сравнительные данные по количественной характеристике скелета разных представителей позвоночных животных показывают, что в процессе эволюции относительный вес скелета возрастает (табл. 2).

Таблица 2

Средний вес скелета, количество крови и гемоглобина в организме различных групп позвоночных животных

Животные	Число видов	Скелет, %	Кровь, %	Гемоглобин, г/кг	Животные	Число видов	Скелет, %	Кровь, %	Гемоглобин, г/кг
Хрящевые	3	7,0	2,0—4,0	0,7—1,5	Рептилии	5	14,0	5,8	3,8
Костистые	8	8,5	2,9	1,8	Птицы	6	14,3	9,7	10,2
Амфибии	4	11,4	5,6	3,6	Млекопитающие	18	14,2	7,3	12,1

Самый легкий скелет свойствен круглоротым, хрящевым и костистым рыбам. Значительное увеличение относительного веса скелета наблюдается у амфибий, а самый тяжелый скелет — у птиц и млекопитающих.

Одной из наиболее существенных особенностей скелета в эволюции позвоночных животных следует считать появление костного мозга при переходе от водного к наземному образу жизни. Обычно отмечается, что костный мозг появляется только у бесхвостых амфибий. В действительности костный мозг возникает в момент выхода первых представителей позвоночных на сушу. У позвоночных животных, уже приспособившихся к наземному образу жизни (рептилии и особенно птицы и млекопитающие), костный мозг получает мощное развитие.

С другой стороны, скелет рыб не обладает костным мозгом. На этом основании мы считаем, что костный мозг есть достояние наземных позвоночных животных. Только с переходом к наземному образу жизни появляется костный мозг. Его появление, по-видимому, следует рассматривать как одну из основных форм адаптации к наземному образу жизни.

Мы считаем, что кроветворение является функцией не костного мозга, а функцией скелета. Ибо только с этой точки зрения становятся понятными причины, обусловившие появление костного мозга и его развитие у различных групп позвоночных животных.

У рыб как первично-водных животных органами кроветворения являются селезенка, почки, кишечная стенка. У первых выходцев на сушу среди позвоночных животных — амфибий — к органам кроветворения помимо селезенки относятся печень и скелет. Следовательно, с выходом на сушу скелет берет на себя новую функцию. В дальнейшем при освоении суши эта функция скелета получает весьма мощное развитие. Последнее обстоятельство приводит к тому, что относительный вес скелета значительно увеличивается, достигая в отдельных случаях более 20% веса тела, а в среднем для млекопитающих и птиц — свыше 14% веса тела.

■ СОЛНЦЕ — ДРУГ

Размножение саранчи, свекловичного долгоносика, грызунов и других сельскохозяйственных вредителей связывают с циклами солнечной активности. Некоторые исследователи утверждают, что кровь человека реагирует на солнечные вспышки. В одном солидном немецком журнале доказывалось, что магнитные явления связаны с числом самоубийств и несчастных случаев. Итальянский химик Джорджио Пиккарди утверждает, что скорость выпадения мелких взвешенных частиц в коллоидных растворах также связана с деятельностью Солнца. Перечень этих

исследований и утверждений можно продолжать и продолжать. И в нашей стране биологи и врачи, целые научно-исследовательские организации заняты исследованием влияния солнечной активности на жизнедеятельность человека.

По этому поводу я хочу сказать одно: ученые еще очень далеки от единодушия в этом вопросе. Необходимы еще длительные ряды наблюдений и экспериментов. И мое глубокое убеждение заключается в том, что всякое категорическое утверждение о влиянии солнечной активности на жизнь человека может лишь породить ненужный ажиотаж и дискредитировать саму идею исследований. Наберемся тер-

Примечательно, что превышение относительного веса скелета рыб более чем вдвое, а в отдельных случаях и втрое у многих представителей млекопитающих и птиц осуществляется не за счет увеличения веса компактного вещества, обуславливающего механическую прочность скелета, а за счет костного мозга. Так, например, у северного оленя, прекрасного скорохода, относительный вес костного мозга по отношению к весу скелета составляет более 45%, а у новорожденного олененка — около 60% веса скелета. Это значит, что почти половина веса скелета наземных млекопитающих приходится на долю костного мозга. Птицы в этом отношении занимают несколько особое положение, по-видимому в связи со способностью летать. Известно, что у многих представителей птиц большинство трубчатых костей пневматизировано, что послужило поводом для заключения об облегченном весе скелета птиц как необходимом условии полета.

Все это свидетельствует о весьма важной роли костного мозга в жизни наземных позвоночных животных и особенно их высших представителей — птиц и млекопитающих. В этом плане, может быть, особый интерес представляют данные по весу органов кроветворения рыб как первично-водных животных и млекопитающих как наземных животных. В то время как вес селезенки и почек рыб, выполняющих функцию кроветворения, составляет лишь десятые доли процента от веса тела, у млекопитающих вес костного мозга достигает 7,0% веса тела.

Эти различия в относительном весе кроветворных органов, являющихся в первую очередь очагами синтеза гемоглобина, свидетельствуют о том, что у наземных позвоночных животных, особенно у хороших бегунов или скороходов, т. е. животных, легко преодолевающих действие сил гравитации, имеются мощные механизмы, с помощью которых осуществляется преодоление этих сил, ибо относительно большой вес очагов синтеза гемоглобина — основное условие бесперебойного поступления кислорода к работающим органам животного. Чем активнее животное,

пения... Между прочим, в рассуждениях о вреде солнечных излучений ученые обычно упускают одну деталь. А именно то, что наша цивилизация с ее огромным электронным хозяйством, мощной радиостестью, промышленными комплексами создает те же самые излучения, что иходящие до нас солнечные, но в многократно усиленном виде. Промышленные центры окутывают магнитные поля такой радиации, перед которыми «работа» Солнца ничто. И человек, как видите, не особенно страдает от этого. И если уж изучать с биологической стороны проблему «излучение и человек», то надо начинать именно с этой стороны.

По моему мнению, солнечная активность не представляет для нас никакой опасности. Ведь в конце концов все мы дети Солнца. Мы живем и развиваемся благодаря Солнцу, и, если бы каждые одиннадцать лет наша звезда посылала бы на Землю «заряд смерти», человечество давно уже вымерло бы. На самом же деле мы наблюдаем совершенно обратное явление: бурный рост населения Земли. Так что у нас есть все основания быть уверенными: наше Солнце — могучий и добрый друг человечества.

Н. В. Пушков,

доктор физико-математических наук

тем более мощно развит очаг синтеза гемоглобина, тем больше гемоглобина поступает в кровь животного, тем больше кислорода транспортируется к клеткам и тканям тела животного, тем легче преодолевается им гравитация.

Если верно положение о зависимости относительного веса скелета, а соответственно и его важнейшей части—костного мозга от степени совершенства преодоления гравитации животным организмом, то можно ожидать, что пребывание животного в условиях с иным, ослабленным, гравитационным полем, например в воде, должно привести к уменьшению, «облегчению» скелета и костного мозга, ибо в этом случае требуется меньше усилий для преодоления сил гравитации. В частности, вторично-водные млекопитающие, такие, как китообразные и ластоногие, должны обладать относительно более легким скелетом и иметь меньше костного мозга по сравнению с наземными млекопитающими.

Данные, собранные нами по характеристике относительного веса скелета и костного мозга дельфинов и тюленей, показывают, что вес скелета тюленя и дельфина примерно в два раза легче, чем вес скелета наземных млекопитающих.

Имеющийся фактический материал дает основание для вывода, согласно которому силы тяжести являются мощным фактором, определяющим эволюцию водных и наземных позвоночных животных.

Нормальная деятельность костного мозга у человека и животных протекает в гравитационном поле определенной интенсивности. Устранение этого фактора на продолжительные сроки должно нарушить имеющиеся зависимости, существующие между костным мозгом и другими системами организма. В связи с этим следует подумать о профилактических мероприятиях, предупреждающих возможность наступления нежелательных последствий для космонавтов, так как длительная невесомость, по-видимому, вовсе не безобидный фактор, к которому можно привыкнуть.

Огромный арсенал фактов, которым располагает в настоящее время биология, свидетельствует о том, что смена среды обитания всегда вызывает перестройку организма в том или ином плане. С другой стороны, если представить себе, что на нашей планете была бы лишь одна суша или всю поверхность планеты покрывала вода, т. е. жизнь протекала бы в одном гравитационном поле, наша планета, вероятно, не имела бы такого многообразия организмов, а характер биологической эволюции принял бы совершенно иное направление.

Только изменение особенностей внешней среды является той первопричиной, которая определяет изменение природы организма, его структуры и функций. В этом в сущности состоит величайшее значение принципа единства организма и среды, поскольку организм не может оставаться безразличным к изменению основных компонентов среды его обитания.

О том, что невесомость — явление по крайней мере не безразличное можно судить хотя бы по результатам длительного полета (от 14 до 21 дня) американских космонавтов и подопытных собак Уголька и Ветерка, у которых было обнаружено повышенное выведение из организма кальция, т. е. важнейшего компонента скелета. Если процесс декальци-

нации будет продолжаться достаточно длительное время, деятельности мозга окажется нарушенной. Между тем известно, например, что при рахите, связанном с нарушением кальциевого обмена, и место резко выраженная анемия и у человека и у животных.

Естественно, что будущие исследования покажут, насколько примерны высказанные здесь опасения, однако фактический материал, и весьма скудный, определенно говорит о том, что длительная невесомость — это феномен, к которому следует относиться с большой осторожностью, и нет оснований считать его фактором абсолютно безобидным.

Другой аспект проблемы длительной невесомости представляет интерес с общепроизводственной точки зрения. Ведь длительная невесомость это такой фактор, с которым обитатели нашей планеты, и человек и животные, столкнутся впервые, когда полетят на другие планеты к звездам. Следовательно, никакого опыта в этом отношении у них не будет. Сложность вопроса состоит в том, что переход в состояние невесомости будет очень резким, организм сразу должен адаптироваться к новым условиям. Известно, например, что переход позвоночных животных от водного к наземному образу жизни был достаточно длительно связан с фундаментальными изменениями природы организма. И конечно, эти изменения как-то отражались на наследственной природе организма или, как теперь принято говорить, оказались закодированы в хромосомах как материальных носителях наследственности.

В случае же перехода в состояние длительной невесомости никакого кодирования не будет, ибо организмы впервые за всю историю жизни на нашей планете, длящаяся уже несколько миллиардов лет, встретятся с этим феноменом.

Следовательно, появление принципиально новых условий в виде длительной невесомости, требующей от организма животных приспособительных изменений крупного масштаба, обязывает биологов считаться с тем о важной роли внешней среды в жизни организма, о формировании влияния внешней среды, как это имело место при появлении наземных позвоночных животных.

Случай с длительной невесомостью является лишней иллюстрацией того положения, что кодирование наследственных свойств не может обеспечить нужные формы поведения животного в меняющихся условиях внешней среды, что организм животного каждый раз должен по-новому решать стоящие перед ним задачи. Именно признание принципа естественности организма и среды дает возможность предвидеть с большой достоверностью реакцию организма животных и человека в принципиально новых условиях длительной невесомости. Поэтому одна из основных задач космической биологии в том и состоит, чтобы заранее разработать комплекс мероприятий, предупреждающих возможность возникновения вредных последствий для организма животных и человека в результате длительного пребывания в условиях невесомости.

КОСМОС В КАПЛЕ ВОДЫ

Д. ПИККАРДИ,
профессор (Италия)

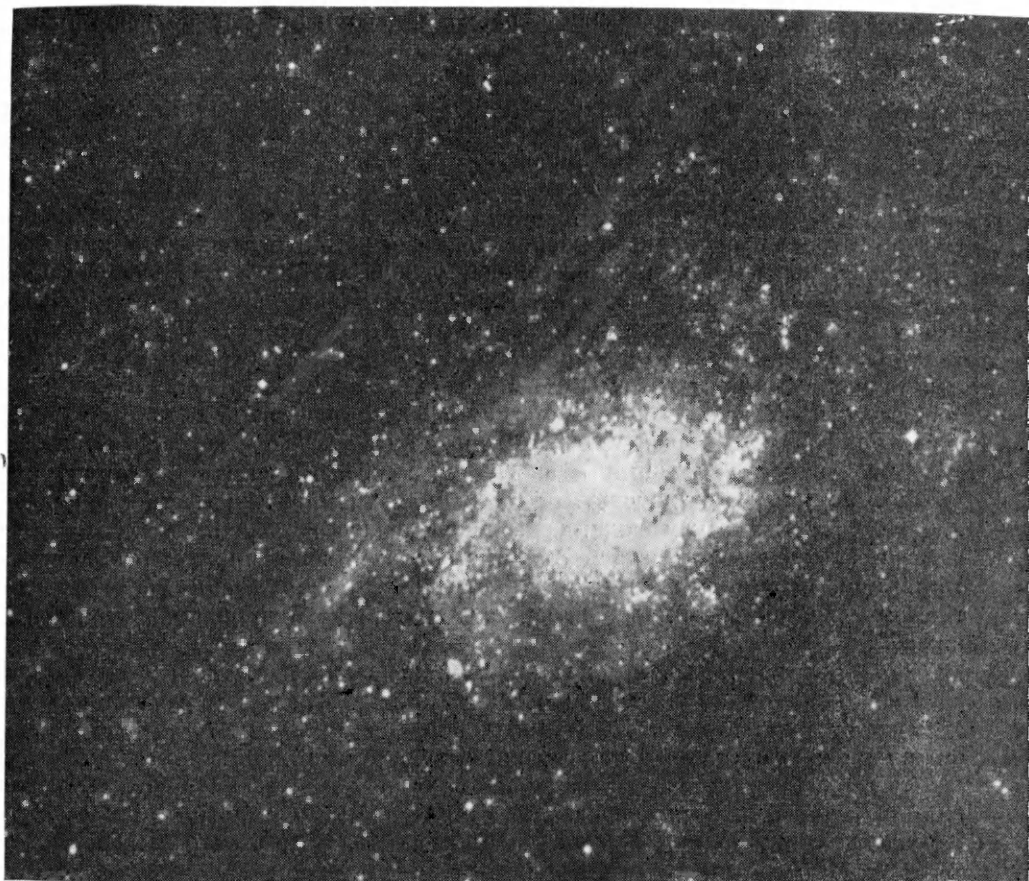
В мире существуют системы замкнутые и системы открытые. Замкнутые системы обычно бывают сравнительно простыми и потому описываются легко. Условия опыта зависят только от оператора. Они немногочисленны, все известны и легко регулируются. Результаты, полученные при работе с такими системами, воспроизводимы.

Открытые же системы, напротив, чрезвычайно сложны и потому описываются с трудом. Они кажутся бесконечно неустойчивыми. Малейшее воздействие может изменить их, и эта изменчивость бесконечно велика. Они чувствительны к действию не только тех переменных, которые может внести в них экспериментатор, но и к переменным, действующим извне. Результаты, получаемые в работе с этими системами в постоянных условиях, оказываются непостоянными и обнаруживают колебания во времени. Их невоспроизводимость обусловлена непостоянством внешних условий. Явления, происходящие в открытых системах, называются флуктуациями.

Очень большая часть явлений относится к флуктуирующим. Они имеют особенно важное значение в области биологических наук.

Живой организм не может существовать, если он не является открытой системой, взаимодействующей с силами, заполняющими пространство, в котором он живет. Изолировать или замкнуть его — значит, умертвить. Законы физики — совершенные, строгие и точные — неприменимы к такой чувствительной и восприимчивой системе. Живому организму нужна свобода, он должен иметь возможность изменяться на тысячи ладов и давать всевозможные реакции на то, что происходит вокруг него. Но он никогда не должен приходить в состояние равновесия, так как равновесие — это смерть. Он должен противодействовать спонтанному процессу, увлекающему его необратимо в состояние равновесия. Всякое спонтанное изменение в неорганическом мире, согласно хорошо известным законам, приводит в конце концов к равновесию. Для живых организмов эти законы означают смертный приговор. Но живые организмы противодействуют этим законам и препятствуют установлению равновесия, беря извне, из окружающей среды, энергию, необходимую им для того, чтобы удерживаться как можно дольше от равновесного состояния. Легко поэтому понять, почему биологические системы являются всегда открытыми — все без исключения.

Мощные физические воздействия уничтожают жизнь или нарушают ее настолько, что она может отвечать на наши опыты только аномальным образом. Никаких мегаэлектрон-вольт, никаких тысяч ампер, никаких десятков тысяч магнитных единиц! Изучать жизнь с помощью столь грубых методов — это бессмыслица! Жизнь играет тысячными долями



Наша Галактика. Возможно, что некоторые процессы, происходящие в земных организмах, связаны с движением Солнца и Земли вокруг галактического ядра

вольта, микроамперами, магнитными полями в несколько сотен тысяч долей единицы. Игрушечного магнита более чем достаточно, чтобы вызвать серьезные эффекты.

Жизнь разыгрывается не на атомном или молекулярном уровне, а на уровне высшей организации. Она разыгрывается на уровне открытых систем, промежуточных фаз, крупных жидких структур, коллоидов.

Один грамм вещества в коллоидном состоянии имеет иногда поверхность, равную 1 км^2 . Представьте себе, что на этой огромной поверхности возникают и исчезают электрические заряды, строятся жидкие структуры, рождаются силовые поля и что все это в любой момент может измениться под очень слабым, очень легким воздействием очень малых сил или очень низких частот.

Вода — это «жизненный эликсир». И так ее называют не без причины. Посмотрим же почему.

Вода обладает исключительными свойствами сравнительно со свойствами других веществ того же типа. Физическое и физико-химическое поведение у нее совершенно аномальны. Вода — это самое загадочное из загадочных веществ. По поводу воды написаны уже тысячи работ, но мы стоим лишь на пороге подлинного знания о ней.

Проводить опыты с водой очень трудно, так как у нее есть не только хорошо выраженные, распознаваемые обычными физическими методами свойства, но и другие, тонкие, ускользающие от физических измерений. Однако врачи, биологи, гидрологи, бальнеологи хорошо знают, что эти тонкие свойства существуют и что о них можно судить по тому влиянию, которое производит вода на такие чувствительные системы, какими являются системы биологические.

Сорта воды, естественным образом дистиллированной, например дождевая вода или талый снег, совсем не тождественны между собой. Вода долго сохраняет изменения в своей структуре. Изменить ее структуру можно, например воздействуя слабым электромагнитным полем очень низкой частоты. Такая вода, если исследовать ее общепринятыми способами, ничем не отличается от обычной, но проявления у нее другие. Например, по-разному кристаллизуется котельный камень в котле, питаемом обычной водой, и в котле, питаемом водой, облученной при низких частотах.

Излишне говорить, что вода — это жидкость, непрерывно изменяющаяся и сохраняющая «память» о своей истории довольно долго. Ее можно считать открытой системой, так как, обладая несколькими структурами, она в конечном счете является гетерогенной системой.

Космические силы оказывают на воду и ее свойства очень сильное влияние. После первых исследований Лавуазье и Вольта (конец XVIII — начало XIX в.) нужно было прождать до 1935 г., чтобы начать дога-

■ ВОДА И МАГНИТ

Наряду с культом Солнца у древних народов существовал культ воды. Наши предки можно понять. Без воды невозможны все формы жизни на Земле. Даже «царь природы» — человек на две трети состоит из обыкновенной воды. С ее деятельностью связана вся геологическая история нашей планеты. Большинство современных технологических процессов, составляющих «ядро» промышленности, обязательно использует воду. Свойства воды были изучены весьма детально. Казалось, что здесь все выяснено, все устоялось. Но, как это бывает иногда

в науке, «внезапно» появились наблюдения, открывшие новую главу наших знаний о воде.

Началось с малого. В 30-х годах советские физики Р. Я. Берлага, Ф. К. Горский и др. обнаружили, что если поместить пересыщенные водные растворы солей в магнитное поле, то существенно изменяется процесс выпадения кристаллов. Итальянский ученый Дж. Пиккарди заметил, что если надеть на сосуд с водой металлический колпак, поглощающий электромагнитные волны, окружающие Землю, то это заметно сказывается на скорости осаждения в воде тончайших коллоидных частиц.

дываться (вместе с Берналом и Фоулером), что структура воды изменчива и что внутренние качества, приписываемые ей биологами эмпирически и нередко без настоящих доказательств, могут быть реальными.

Глава о воде в великой книге науки пишется медленно и с большим трудом. Изучать эту главу чрезвычайно трудно. Развивать ее невозможно, если не учитывать, что многие явления, происходящие в воде, относятся к флуктуирующим. Но эта глава необычайна и увлекательна, так как может приблизить нас к пониманию загадки жизни. Странно, что послать ракету на Луну оказалось легче, чем определить точные свойства самой распространенной на Земле жидкости. Это даст нам понятие о трудности проблемы.

В России еще в 1915 г. А. Л. Чижевский исследовал биологические явления в связи с космическими переменными, о которых никто до тех пор не думал. В ту эпоху, как и во времена Гипократа, важными переменными считались лишь метеорологические факторы. В своей книге, вышедшей в 1935 г., Чижевский представил ряд исследований и предложил ряд доказательств, побуждая ученых объединить усилия, чтобы выяснить, каким образом биологические явления связаны с физическими явлениями в Космосе. Труд этот принес ученому всемирную известность. Последняя книга Чижевского «Аэроионизация» вышла в 1961 г. В настоящее время, когда понятие о флуктуирующих явлениях близко к победе, она является ценным источником новых идей.

Известный советский гематолог Н. Шульц провел специальные клинические исследования, доказавшие, что между лейкоцитной формулой крови и количеством солнечных пятен существует определенная связь. Недавно эти лейкоцитные формулы привели к еще более поразительному открытию, о чем будет сказано ниже.

Автор является пионером в другой области. Он изучал многие реакции неорганической химии, не дававшие воспроизводимых результатов, и после множества неудачных попыток смог доказать, что эта невоз-

Позже сотрудниками Харьковского инженерно-экономического института было установлено, что воздействие в течение долей секунды относительно слабым магнитным полем на воду изменяет почти все ее физико-химические свойства: величину поверхностного натяжения, вязкость, электропроводность и даже плотность. Поразительно, что вода способна в течение нескольких дней сохранять измененные свойства.

Делаются попытки теоретического анализа этих удивительных фактов, но пока еще строго научного объяснения нет.

По-видимому, эти загадочные явления каким-то образом связаны с изменением

структуры воды под влиянием магнитного поля. Ее молекулы, соединенные друг с другом главным образом относительно слабыми так называемыми водородными связями, образуют сложные изменчивые агрегаты. Определенное упорядочение этих агрегатов наблюдается у льда. Обычная вода имеет рыхлую ажурную структуру, которая может легко изменяться под воздействием внешних сил. Трудно представить себе, что принесет человечеству разгадка этой очередной тайны природы. Но уже сейчас имеется достаточное количество неопровержимых данных и наблюдений, позволяющих утверждать, что магнитная обработка во-

производительность зависит от действия внешних факторов и что между космическими явлениями и химическими реакциями существует определенная связь. Для этого потребовалось 16 лет работы. Но нужно было идти дальше. В 1951 г. он создал соответствующие химические тесты и, пользуясь ими, начал обширные исследования, чтобы определить, какие именно космические явления влияют на химические реакции. Главным образом изучалась скорость осаждения в воде небольших стандартных количеств некоторых соединений висмута.

Исследования велись во Флоренции непрерывно с 1951 г. Ежедневно в одни и те же часы специальные группы сотрудников, обеспечивавшие непрерывность работы, проводили одни и те же опыты. Было проведено несколько сот тысяч опытов — сейчас имеются ежедневные записи, охватывающие почти 14 лет.

Химические тесты были затем приняты в Брюсселе (1952), в Вене (1953) и во многих других пунктах. В период Международного геофизического года они проводились во многих точках Северного и Южного полушария.

Позже исследованием химических тестов занялся Национальный центр изучения атмосферы в США и другие учреждения в ряде стран.

По поводу внешних явлений, которые могли влиять на наши тесты, мы не формировали теорий и не выдвигали гипотез. Результаты исследований неожиданно открыли нам то, что мы хотели узнать.

Что же мы увидели после столь долгого ожидания и столь тяжелых трудов?

Мы увидели могущественного короля, окруженного целой свитой. Королем была солнечная активность, а свитой — явления, порождаемые этой активностью на Земле: возмущения в ионосфере, магнитные бури, электромагнитные волны очень большой длины (километры, десятки, сотни, тысячи километров), те, что сейчас обозначаются через ОНЧ (очень низкая частота) и КНЗ (крайне низкая частота).

ды, ее своеобразное «облагораживание» может иметь огромное значение.

Например, оказалось, что магнитная обработка изменяет структуру солей, выделяющихся в паровых котлах при нагреве воды. Вместо прочного слоя накипи образуется рыхлый, легко смываемый порошок.

Предотвращение образования накипи пропусканием воды сквозь чередующиеся магнитные поля сейчас применяется с большим экономическим эффектом на многих отечественных предприятиях. Более того, установлено, что после магнитной обработки сама вода начинает раст-

ворять ту накипь, которая образовалась раньше.

Имеются данные о том, что «омагниченная» вода заметно ускоряет рост растений. Или еще пример: статистической обработкой огромного (около 3000 тыс.) числа опытов Дж. Пиккарди установил определенную связь между солнечной активностью, свойствами воды и состоянием здоровья людей. Видимо, здесь сказываются колебания магнитного поля Земли, связанные с деятельностью Солнца.

В. К л а с с е н,

доктор технических наук

В. М и н е н к о,

кандидат химических наук

Связь между реакцией химических тестов и солнечной активностью, измеряемой числами Вольфа, была весьма многозначительной. Столь же многозначительной оказалась и связь между реакцией тестов и солнечными вспышками, а также связь этой реакции с земным магнетизмом и с ионосферными возмущениями. Влияние длинных волн легко было проследить в лаборатории, создавая искусственно волны типа ОНЧ. Все это происходило в 1955 г. В настоящее время оказалось возможным еще раз прокорректировать наши химические данные. Соотношения оказались еще более выразительными, чем в 1955 г. Практически это означало достоверность.

Никакое другое соотношение между солнечными и земными явлениями не было ни достовернее, ни многозначительнее. Красноречивость связи между солнечной активностью и неорганической химической реакцией позволяла придать новый смысл неясным ранее зависимостям между биологическими явлениями и внешними космическими факторами.

При исследовании химических тестов было замечено нечто странное. Один из химических тестов обнаруживал своеобразную годичную изменчивость с глубоким минимумом, приходящимся на весну. Характеристики этой изменчивости заставляли думать о сочетании кругового движения с прямолинейным. В нашем случае — кругового движения Земли по орбите вокруг Солнца с почти прямолинейным движением Солнца к созвездиям Геркулеса. Приходилось, следовательно, думать о спиральном движении Земли в Галактике. Это движение должно было влиять физически на общие условия на Земле независимо от времени года. Согласно этой гипотезе, выдвинутой автором в 1954 г., влияние спирального движения Земли должно проявляться одновременно и в Северном и в Южном полушарии нашей планеты. Вот причина, заставившая нас проводить опыты в период МГГ. Результаты этих опытов полностью подтверждали нашу гипотезу.

Если неорганические коллоидные системы реагируют на крупные космические явления так явно, то как будут реагировать на них биологические системы, еще более сложные и чувствительные? Можно было предвидеть, что они реагируют подобным же образом. Это предвидение превосходно подтвердилось на опыте. Связь между количеством солнечных пятен и лейкоцитной формулой крови у Шульца была совершенно такая же, как и между количеством пятен и реакцией химических тестов. Одновременное проведение опытов в Италии, Германии и Японии снова подтвердило, что все тесты, биологические и небιологические, обнаруживают одну и ту же динамику в одно и то же время.

Химические тесты, правильно следовавшие за количеством солнечных пятен, в 1958 г. вдруг стали вести себя по-другому. Вместо того чтобы увеличиваться вместе с количеством пятен, они стали уменьшаться, а затем возрастать, когда количество пятен стало уменьшаться. Это было необъяснимо. Шульц сообщил автору этих строк, что лейкоцитная формула крови обнаружила такое же аномальное поведение. Значит, явление было общим. Объяснение было получено, когда Гневыхев, директор Высокогорной обсерватории в Кисловодске, проверяя данные, собранные из различных районов на Земле, доказал, что активность Солнца обнаружи-

ла в 1958 г. своеобразное отклонение от нормы. Она оказалась «двурогой» с двумя максимумами, как и поведение химических тестов и лейкоцитарной формулы.

Биология может теперь приобрести точность, которой до сих пор у нее не было. Точность будет обусловлена тем фактом, что колебания, обнаруживаемые биологическими системами, и невоспроизводимость результатов являются не пороками, достойными сожаления и осуждения, а положительными элементами, которые позволят в рамках соответствующей методологии придать биологическому опыту смысл и строгость. Для этого достаточно связать биологические явления с космическими посредством химического теста. Химический тест даст точку опоры, с помощью которой можно будет увязать результаты биологического опыта.

Настало время мыслить на языке широких обобщений даже в случае очень локальных и очень скромных явлений. Тогда мы найдем везде, особенно же в живых организмах, присутствие Космоса.

Раскрытие истины в небесах, помимо предмета, мало чем отличается от раскрытия преступления на Земле. В одном случае разыскивают причину, а в другом — преступника, но самый процесс разыскивания совершенно тождествен.

П. Л о в е л л

3

В лучах Солнца

Утверждение, что Солнце — источник жизни на Земле, давно уже стало тривиальным. Можно ли, однако, распространить аналогичное утверждение на другие тела Солнечной системы?

В прошлом веке некоторые из романтически настроенных ученых населяли разумными существами не только Марс и Венеру, но и вообще все тела Солнечной системы, включая даже Солнце! Это была ничем не оправданная крайность, противоречащая современным данным об экстремальных условиях, которые ограничивают жизнь белковых организмов, — сегодня наука убедительно доказывает несостоятельность таких взглядов. В наши дни иногда наблюдается другая крайность. Некоторые из ученых считают Землю единственной обителью жизни в Солнечной системе. Главное основание для таких взглядов — отсутствие пока прямых доказательств существования жизни вне Земли.

Между тем косвенные доказательства населенности тел Солнечной системы живыми организмами существуют, их немало, и они свидетельствуют о том, что истина находится где-то между двумя крайними точками зрения.

Экзобиология: методы и задачи

А. А. ИМШЕНЕЦКИЙ,
академик

Экзобиология как самостоятельная дисциплина возникла совсем недавно. Ее рождение подготовили успехи астрономии, математики, физики, химии, механики и техники — иначе говоря, всех тех наук, которые сделали реальным изучение Космоса.

В исследованиях экзобиологии, или космической биологии, уже намечилось четыре направления.

Первое из них связано с изучением действия факторов космического пространства на живые существа. Такое экспериментально-экологическое направление не возникло, естественно, на пустом месте, оно исходило из многолетнего опыта, накопившегося в экологии и биофизике.

Второе направление связано с изучением планет и метеоритов с позиций биологии. Оно объединяет исследования, проводимые с помощью физических методов, способных обнаружить, например, полосы поглощения, характерные для хлорофилла, к этому же направлению относятся химические и микробиологические анализы метеоритов и космической пыли.

Третье направление — это разработка методов, с помощью которых наука пытается обнаружить жизнь на планетах и в Космосе. Исследователи изучают «химическую эволюцию» в Космосе и возможность чисто химического синтеза сложных органических веществ. Заключительным этапом этого направления является проектирование и изготовление автоматических действующих биологических станций.

Четвертое направление не имеет столь большого теоретического значения, как предыдущие, но практически очень важно. Речь идет о предохранении заноса земных форм жизни на другие планеты. Это привело к необходимости производить стерилизацию космических кораблей, что оказалось задачей более сложной, чем предполагалось ранее. За сравнительно короткий период четко определились границы экзобиологии как науки, ее взаимоотношение с космической медициной и был накоплен большой и очень интересный экспериментальный материал.

Микроорганизмы и Космос

Основная трудность, с которой столкнулась экзобиология при изучении действия условий Космоса на живые существа, — это невозможность подчас воссоздать в лаборатории условия Космоса. Так, существующий в Космосе вакуум достигает 10^{-16} мм рт. ст. Экспериментатор же на Земле в лучшем случае может добиться вакуума, равного 10^{-10} мм или 10^{-11} мм рт. ст. Помещая в такой вакуум различные микроорганизмы,

удалось выяснить, что некоторые неспороносные бактерии в этих условиях погибают, тогда как споры бактерий, конидий и мицелий некоторых грибов остаются живыми. В этих же экспериментах выяснилась и такая любопытная деталь: некоторые виды бактерий, оставленные в качестве контроля в лаборатории, погибали скорее, чем те же виды в условиях вакуума.

Такого рода опыты позволяют утверждать, что вакуум, царящий в Космосе, не убьет земных бактерий.

Исключительный интерес представляет действие ионизирующей радиации на микроорганизмы. Радиобиология твердо установила, что космическая радиация может быть опасной для космонавтов. Именно поэтому так много внимания уделяется проблеме защиты космонавтов от лучевого поражения, которое во время вспышек на Солнце становится особенно реальным. Однако в противоположность этому микроорганизмы необычайно устойчивы к ионизирующей радиации, и дозы, абсолютно смертельные для животных и человека, не наносят вреда микробам. Из воды атомных реакторов были выделены бактерии, не погибающие от 2—3 млн. рад. Следовательно, ионизирующая радиация не убьет земных микробов, попавших в Космос, — таких доз там не может и быть. Правда, иногда высказывается предположение о том, что содержащиеся в бактериальной споре радиоактивные элементы, например калий, могут стать источником вторичной радиации, которая приведет клетку в конце концов к гибели. Если это и возможно, то для такого процесса потребуется очень много времени.

Совершенно иную картину мы наблюдаем, когда сталкиваемся с действием ультрафиолетовых лучей в Космосе. Отсутствие экрана из пыли, облаков и озона, защищающего Землю от ультрафиолетовых лучей, и очень высокие дозы делают эти лучи в Космосе абсолютно смертельными для всех без исключения микроорганизмов.

И тем не менее было бы неправильным утверждать, что все микроорганизмы должны обязательно быть убиты ультрафиолетовыми лучами. Дело в том, что даже очень тонкие пленки или ничтожный слой плотных веществ уже полностью поглощают эти лучи и надежно защищают клетки от их действия. Вот пример: если клетки микробов находятся на полированной стальной пластине, то, облученные ультрафиолетовыми лучами, они быстро погибают. Однако эти же микробы, но помещенные на поверхность слегка заржавевшей стали, остаются живыми после дозы ультрафиолета, которая равна $2,9 \times 10^{12}$ эрг/см², — эта доза гораздо выше той, которую они могут получить в Космосе за год. Любой клетке микроба достаточно прикрепиться к минеральной пылинке, чтобы стать нечувствительной к действию ультрафиолетовых лучей.

Известно, что на Землю ежегодно падает много тонн космической пыли, поэтому мы не вправе исключать возможность экранирования микроорганизмов этой пылью. Это предположение было проверено экспериментально. Споры бактерии *Bacillus cereus* покрыли пленкой из хрома толщиной 800 Å, и тогда даже высокая доза ультрафиолета ($7,8 \times 10^7$ эрг/см²) оказалась бессильной. Для аналогичных же целей измельчили кусочек каменного метеорита Кунашак, к порошку добавили

споры *Bacillus megaterium* и с помощью связывающего вещества из порошка сделали микрометеориты конической формы. Содержащиеся в микрометеоритах споры бактерий выдержали без какого-либо ущерба для себя дозу ультрафиолетовых лучей, равную $7,8 \times 10^8$ эрг/см².

Все это говорит о том, что от такого абсолютно смертельного для микробов фактора, каким являются ультрафиолетовые лучи, очень легко найти защиту.

Что касается низких температур, то уже давно было установлено, что температура жидкого воздуха, водорода или гелия не убивает микроорганизмов. Следовательно, низкие температуры, царящие в Космосе, не окажут вредного влияния на бактерии.

Если 20—30 лет назад считали, что температуры, близкие к абсолютному нулю, могут переносить только одноклеточные, относительно примитивно организованные существа, то теперь доказано, что и высшие растения, например черная смородина, и некоторые насекомые устойчивы к этим температурам (это, конечно, не значит, что столь сильные охлаждения не влияют на обмен веществ, структуру ферментных белков и т. д.).

Говоря о влиянии условий Космоса на биологические объекты, необходимо сказать, что чаще изучают действие отдельных космических факторов. Однако существуют камеры, имитирующие все условия Космоса, в них объекты изучения подвергаются одновременному действию и низких температур, и вакуума, и различных излучений. Есть, конечно, и другая методическая возможность, а именно поднять вместе с ракетой на значительную высоту небольшой стенд, содержащий микробы. Правда, экспозиция здесь сравнительно кратковременная. Но тем не менее и этот способ был испытан. Микроорганизмы, побывав с ракетой в Космосе, не погибали.

«Искусственные планеты»

Как бы ни были тщательны эксперименты, выясняющие действие отдельных факторов Космоса на живые существа, они обязательно должны быть продолжены с помощью приборов, воспроизводящих климат и условия жизни той или иной планеты. Наиболее изучено поведение микроорганизмов, помещаемых в станции искусственного климата Марса. Однако необходимо оговориться, что воссоздается тот климат Марса, который, по мнению планетологов, существует на этой планете. Вполне вероятно, что автоматические станции, посаженные на поверхность Марса, внесут коррективы в эти данные.

Камера «Искусственный Марс», сооруженная и функционирующая в Институте микробиологии АН СССР, представляет собой металлический шкаф, в котором помещена небольшая камера, находящаяся под колпаком с окном из кварцевого стекла. Камера прикреплена к медному стержню, охлаждение или нагревание которого изменяет ее температуру. «Искусственный Марс» имеет программированное устройство, которое меняет температуру и регулирует работу всей установки. В камере поддерживаются следующие условия: в течение 12 час. 15 мин. температура равна $+25^\circ\text{C}$ и в течение такого же срока — 60°C ; это соответствует

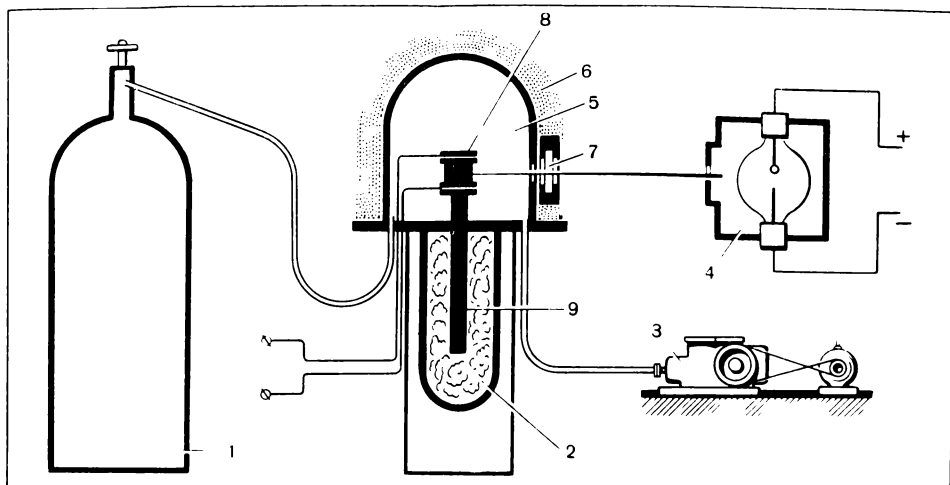


Схема устройства камеры «Искусственный Марс»

1 — баллон с газовой смесью,
2 — сосуд с охлаждающей смесью,
3 — насос,
4 — лампа, дающая ультрафиолетовые лучи,

5 — камера для исследуемых объектов,
6 — термоизоляционная камера,
7 — «окно» из кварцевого стекла,
8 — элемент для нагревания,
9 — медный стержень

суточным колебаниям температуры на Марсе; давление равняется 7 мм рт. ст.; состав газа — 30% CO_2 и 70% N_2 ; эта смесь не содержит водяных паров; камера облучается ультрафиолетовой лампой, и интенсивность этого облучения соответствует тому уровню, который, по видимому, имеется на Марсе.

Различные микроорганизмы помещались в камеру, и вскоре стало очевидно, что ультрафиолетовые лучи постепенно убивают все испытываемые культуры, в том числе и спороносные виды, дрожжи и плесневые грибы. Интересно отметить, что так называемые пигментные формы бактерий, т. е. такие, у которых клетки содержат красные, оранжевые или черные пигменты, оказались более устойчивыми к действию лучей.

Влияние же двух других факторов (колебание температуры и состав атмосферы) губительным не оказалось. В дальнейшем камеру прекратили облучать ультрафиолетовыми лучами, так как установили, что достаточно микробам погрузиться на несколько миллиметров в глубь грунта, чтобы полностью быть защищенными от ультрафиолетовых лучей.

Чтобы максимально приблизить условия опыта к марсианским, микроорганизмы перемещались в измельченный минерал лимонит — предполагают, что именно им покрыта поверхность Марса. Варьируя влажность, удалось доказать, что некоторые почвенные микробы могут развиваться в измельченном лимоните (к которому было добавлено 2% огородной почвы) в тех случаях, когда влажность его составляла 3,8%, т. е. была равна максимальной гигроскопической влажности. А это зна-

чит, что земные ксерофитные микробы смогли бы размножаться в условиях Марса. Есть все основания считать, что ни отсутствие кислорода, ни колебания температуры на Марсе не могут лимитировать жизнь микроорганизмов. Сдерживающим фактором там может быть недостаточное количество воды в почве и грунте. Именно поэтому условия, в которых протекает микробная жизнь пустынь, наиболее близки к марсианским. Отсюда понятен тот интерес, который проявили экзобиологи к микрофлоре почв пустынь. Были организованы экспедиции в Каракумы, в пустыню Южной Америки, где изучалось распространение микробов по вертикали, а также физиологические особенности и систематическое положение обнаруживаемых видов.

Можно считать твердо установленным, что в условиях «Искусственного Марса» некоторые культуры микробов не только не погибают, но способны, как это доказано, хотя и медленно, размножаться. Интересно, что в ходе этих работ было доказано, что наши прежние представления о границе минимальной влажности почвы, допускающей микробную жизнь, неточны. Ксерофитные формы микроорганизмов могут размножаться при более низкой влажности, чем это считалось ранее. Это один из примеров того, как изучение космических условий обогащает новыми данными земную биологию.

«Экспорт» и «импорт» жизни

О том, что сильные бури и тайфуны могут поднять с земли насекомых или даже животных и перенести их на значительные расстояния, было известно давно. Это обычно заканчивалось дождем из гусениц или иных живых существ и вызывало подчас суеверный страх.

Совершенно очевидно, что сильные порывы ветра способны поднять частицы пыли, а вместе с ними и клетки микроорганизмов на очень большую высоту. Но могут ли микроскопические живые существа «отор-

■ МАРС НА ЗЕМЛЕ

Методически моделирование марсианских и других условий в замкнутых камерах несовершенно, так как в результате жизнедеятельности организмов в них изменяется состав газов, исчезают следы кислорода, столь важного для жизни, накапливаются ядовитые газы и вещества, тормозящие биологические процессы, особенно при продолжительном опыте. Учитывая это, а также то, что смена суточной температуры, освещенности и облучения ультрафиолетовыми лучами должна происходить так же, как на Марсе, используется экзобиологическая ка-

мера низкого давления объемом 18 л, в которой имитация космических условий является более полной, точной и автоматической.

В этой камере «Фотостат» проведена серия интересных экспериментов. Наиболее важным выводом следует считать следующий: при постоянной смене газа в камере (так, чтобы в ней было около 0,0005—0,0002% кислорода) при давлении 0,01 ат могут жить не только бактерии, но и простейшие одноклеточные животные, нуждающиеся в кислороде. Причем тот факт, состоит ли газовая среда в основном из азота или углекислоты, не играет существенной роли. Таким образом, по-

ваться» от Земли и быть вынесенными в космическое пространство. Могут ли земные микроорганизмы существовать там?

Некоторые ученые допускают, что для того, чтобы вынести мельчайшие живые существа за пределы земного притяжения и обеспечить их перемещение в Космосе, вполне достаточно давления света. Однако такое предположение маловероятно. Размеры и вес клеток микробов хотя и невелики, но все же они превышают вес тех частиц, которые свет может пересылать в Космосе. Следовательно, самопроизвольный «экспорт» земных форм жизни нереален. Но вот «экспорт» земных микроорганизмов с космическими кораблями на другие планеты стал вполне возможным; именно эта возможность повлекла за собой необходимость стерилизации таких кораблей.

Гораздо более сложен вопрос о том, возможен ли «импорт» жизни из Космоса на Землю. Многие выдающиеся естествоиспытатели прошлого и настоящего века считали и считают такую возможность вполне реальной. Особенно широкое распространение получила теория известного шведского физико-химика С. Аррениуса. Он полагал, что с других планет, в частности с Венеры, когда она находилась на минимальном расстоянии от Земли, зародыши жизни (термофильные бактерии) переселились на Землю. Эта теория подверглась критике и была отнесена к разряду идеалистических.

Между тем в самом факте переноса жизни с одной планеты на другую нет ничего идеалистического. Если это будет доказано, то никаких изменений в наших представлениях о возникновении и развитии жизни не произойдет. Теория Аррениуса заслуживает критики, но совершенно по другим соображениям. Панспермия — перенос жизни с планеты на планету — никак не решает основной задачи: как возникла жизнь во Вселенной? Идеалистическая сущность этой теории в том, что она, считая жизнь вечной, не пытается даже поставить вопрос, как появилась жизнь. Теория Аррениуса не отвечает на вопрос о том, как возникла

стоянное присутствие кислорода в среде в количестве в 4—5 миллионов раз меньше, чем в атмосфере Земли у поверхности, оказывается достаточным для существования некоторых представителей животной жизни.

Опыты в «Фотостате» показывают также, что основным фактором, препятствующим размножению и развитию жизни на Марсе, является не температура, не газовый состав атмосферы и радиация, а недостаток влажности, быстрое испарение при низком давлении атмосферы. Для более полного выяснения роли влажности в «марсианских» условиях необходимо точнее знать суточный режим влаж-

ности на Марсе, наличие воды в грунтах и почвах.

Полученные данные позволяют прийти к выводу, что физическая среда на поверхности Марса, несмотря на ее суровость, не является препятствием на пути развития жизни, сходной с земной, особенно имея в виду исключительную приспособляемость и пластичность одноклеточных животных.

В дальнейшем в камере «Фотостата» будут моделироваться условия других планет.

Л. Лозина-Лозинский,
доктор биологических наук

жизнь на той планете, с которой зародыши попали на Землю. Именно поэтому она относится к ненаучным теориям, допускающим акт творения, совершенный высшим существом.

Попадает ли на Землю вещество, космическое происхождение которого не вызывает сомнений? Ежегодно на поверхность Земли падает 3×10^6 т космической пыли. Присутствие в ней изотопа никеля доказывает ее космическое происхождение, и такая пыль была обнаружена в Арктике и Антарктике на поверхности льда и снега. Это позволит представителям различных специальностей исследовать ее. До сих пор образцы космической пыли (взятой таким образом, чтобы она не была заражена) не подвергались микробиологическому анализу.

Однако метеориты, которые, так же как и космическая пыль, являются посланцами из Космоса, исследовались, и в них были обнаружены различные микроорганизмы. Можно ли допустить на основании чисто теоретических соображений присутствие живых микробов в метеоритах? Не подвергаются ли микроорганизмы воздействию таких физических факторов, которые способны убить все живое?

Как известно, метеорит, попадая в плотные слои атмосферы, сильно нагревается и начинает светиться. Правда, высокие температуры бывают только в поверхностных частях метеорита, тогда как его центральные части не нагреваются до температур, способных убить споры бактерий. Размеры средних метеоритов достаточны для того, чтобы полностью защитить живые клетки, находящиеся в его центральной части, от действия ионизирующей радиации и ультрафиолетовых лучей. Таким образом, микроорганизмы, находясь в метеорите, не обязательно должны погибнуть во время его полета.

Однако сказанное еще не означает, что здесь не существует других, более сложных проблем. Первая из них — продолжительность антибиотического состояния, в котором должны находиться микроорганизмы. Могут ли они в течение тысяч и миллионов лет сохранять жизнеспособность?

■ МОЖНО ЛИ СОЗДАТЬ ИСКУССТВЕННУЮ АТМОСФЕРУ НА ЛУНЕ?

Создать искусственную лунную атмосферу (в масштабах всей Луны) практически невозможно, так как ее масса (при плотности у поверхности, как на Земле) составила бы лишь 0,4 от массы земной атмосферы, т. е. $0,4$ от $5 \cdot 10^{15}$ т. Хотя поверхность Луны в 15 раз меньше поверхности Земли, сила тяжести на Луне в 6 раз меньше земной и для создания нужного давления атмосфера должна быть в 6 раз толще. Отсюда и находим, что масса ее составила бы 0,4 земной.

Что означает полученное число $2 \cdot 10^{15}$ т? Это — два миллиона миллиардов тонн. Чтобы легче себе это представить, укажем, что такое количество угля наша страна сможет добыть (при современных темпах добычи) лишь за 4 миллиона лет. Но даже если бы удалось каким-нибудь путем создать такую атмосферу, она бы очень быстро рассеялась из-за слабого притяжения Луны. Поэтому в эпоху непосредственного изучения Луны речь может идти лишь о создании отдельных изолированных участков и помещений (зданий или пещер) с искусственной атмосферой, где смогут жить и работать сотрудники лунных станций.

способность? Совершенно очевидно, что ни о какой скрытой жизни, т. е. замедленном обмене веществ, в течение столь длительных периодов не может быть и речи. Если это и возможно, то только в том случае, если обмен полностью прекратится, а жизненно важные структуры не будут нарушены.

То, что споры бактерий могут сохранять жизнеспособность в течение 150—200 лет, уже доказано. Что же касается более длительных сроков, то здесь никаких экспериментальных наблюдений нет. Сообщения о том, что каменная соль, возраст которой равен 250 млн. лет, содержит жизнеспособные водоросли, при тщательной экспериментальной проверке не подтвердились как у нас, так и за рубежом. Следовательно, этот вопрос в науке остается открытым. Некоторые косвенные соображения («старение» белка, отсутствие абсолютно герметичных оболочек клеток и др.) делают такой анабиоз маловероятным.

Второе возражение, которое может быть сделано исследователям, обнаруживавшим микробов в метеоритах, заключается в том, что сам процесс возникновения метеоритов происходит в малоблагоприятных условиях для существования жизни на астероидах или других небесных телах, давших начало метеоритам.

В Институте микробиологии АН СССР была начата разработка методики микробиологических анализов метеоритов.

С этой целью сконструирован и изготовлен металлический бокс со стеклянными окнами, внутри которого находится сверлильное устройство. В стенку бокса были вделаны резиновые перчатки для рук экспериментатора. Перед работой бокс помещался в большой автоклав. В боксе в стерильных условиях брались пробы из кусков горных пород и метеоритов и засеивались в жидкую питательную среду.

В первую очередь следовало выяснить: пригодны ли метеориты, упавшие на Землю, для микробиологических анализов? Не загрязняются ли они уже после падения почвенной микрофлорой? Чтобы выяснить это,

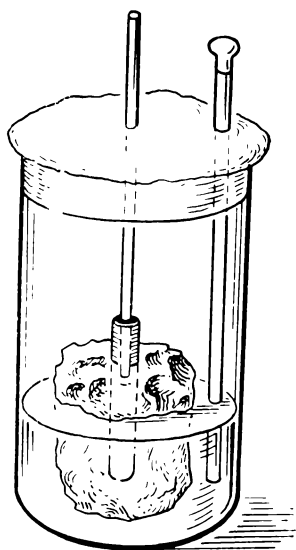
■ ИЗМЕНЕНИЕ АТМОСФЕРЫ МАРСА

Поставим себе вопрос: реально ли за сравнительно короткий срок, скажем, за несколько десятков лет, создать на Марсе подходящую для жизни людей атмосферу и климат? Это прежде всего означает необходимость получения нескольких сот триллионов тонн кислорода. При этом в атмосфере Марса будет содержаться столько же кислорода, сколько его имеется в атмосфере Земли. Кислород можно добывать из воды, которая есть на Марсе. Подсчет показывает, что если построить на Марсе такое количество термоядерных электростан-

ций, которые вырабатывали бы количество электроэнергии в десять тысяч раз больше, чем сейчас вырабатывается на Земле, и использовать эту энергию для электролиза воды, то накопить нужное количество кислорода можно было бы в течение нескольких десятков лет.

Я не знаю, понадобится ли человечеству осваивать Марс, быть может, оно найдет лучшее применение для избытка энергии, и привожу этот пример лишь для того, чтобы вы почувствовали, сколь грандиозные цели может ставить человечество, обладающее неисчерпаемыми источниками энергии.

Н. Н. Семенов,
академик



Опыт, доказывающий пористость вещества метеорита

куски горных пород и метеориты были предварительно тщательно простерилизованы и размещены на почве в различных районах нашей страны. Контролем служили стерильные куски, хранившиеся в лаборатории. Через различные сроки куски образцов раскалывались в стерильном боксе пополам и из центральных частей на расколотовой поверхности брались пробы для анализа.

Эти эксперименты позволили прийти к следующим выводам: 1) куски горных пород и метеориты, пролежавшие на поверхности снега или льда в Арктике, не загрязняются в своих центральных частях микроорганизмами; 2) все образцы, находившиеся под Москвой на поверхности почвы, уже через 4 дня были загрязнены почвенной микрофлорой.

Значит, метеориты, упавшие на поле или в лес, совершенно непригодны для микробиологического анализа. Теперь становится понятным, почему в метеоритах находили так много разнообразных микроорганизмов. Это все были вульгарные формы, которые легко найти в поч-

ве. Стерилизация поверхности метеоритов ничего не могла дать, так как микробы проникают в центральные части метеорита. Пористость метеоритов может быть доказана простым опытом.

В метеорите высверливается канал, в который вставляют стеклянную трубку. Метеорит наполовину погружают в питательную среду, налитую в большой стакан, закрытый ватной пробкой. Стакан стерилизуют, а затем по трубке в высверленный канал вводят жидкую культуру палочки чудесной крови. Стакан ставят в термостат. И через несколько дней клетки бактерии, проникнув через вещество метеорита, попадают в окружающую его питательную среду, окрашивая ее в красный цвет.

Итак, вещество метеоритов, как правило, пористое, и именно поэтому почвенные бактерии вместе с почвенной влагой проникают внутрь метеорита, упавшего на землю.

Химическая эволюция

Большое влияние на развитие наших представлений о внеземной жизни и разработку методов ее обнаружения оказали два направления в современной науке. Одно из них — развитие космохимии, установившей, что во Вселенной легко могут быть обнаружены одни и те же химические элементы и идентичные радикалы. Еще большее значение имело здесь то, что в метеоритах, именно в углистых хондритах, были обнаружены самые различные органические вещества: аминокислоты, углеводы, угледородороды, пуриновые и пиримидиновые основания, продукты окисления хлорофилла и т. п. Предположение о вторичном загрязнении этими веществами метеоритов уже на Земле (как в случае с бактериями) было

полностью отвергнуто. Против этого говорило и высокое содержание углерода в углистых хондритах, достигавшее 3%, причем речь здесь идет об углероде, входящем в указанные выше органические соединения.

Очень заманчиво, конечно, предположить, что все эти соединения были в свое время синтезированы в Космосе живыми существами и что, следовательно, обнаружение этих органических веществ говорит о бывшей где-то жизни. Однако это предположение недостаточно обоснованно. Условия рождения метеоритов, как уже говорилось, трудно совместить с условиями, при которых могла возникнуть и протекать жизнь. Следовательно, все это разнообразие органических веществ возникло в результате «химической эволюции», иначе говоря, в процессе образования сложных веществ из самых простых соединений. Шел этот процесс в космических условиях, благоприятных для такого чисто химического синтеза.

Такая точка зрения нашла себе подтверждение в работах химиков, занимавшихся синтезом органических веществ. Эти работы — их результаты, бесспорно, должны быть отнесены к наиболее выдающимся достижениям современного естествознания — с исключительной убедительностью доказали возможность синтеза различных аминокислот, углеводов, пуриновых оснований, липидов и других веществ из таких простых соединений, как метан, уголекислота, цианистый водород, фосфаты. Источником энергии в подобном синтезе служили: давление, ультрафиолетовые лучи, ионизирующая радиация или повышенная температура, т. е. именно те факторы, которые были и есть в Космосе и на планетах.

Таким образом, возникновению жизни как на Земле, так и в Космосе предшествовал длительный период химической эволюции, в результате которого возникли разнообразные и довольно сложные органические вещества. Все это делает совершенно излишними неоднократно высказывавшиеся ранее предположения о том, что первенцами жизни были одноклеточные автотрофные существа, способные получать энергию путем окисления неорганических и простых по своему составу химических соединений. Первичные формы жизни имели в своем распоряжении разнообразные органические источники пищи и энергии, и эти формы, конечно, были не авто-, а гетеротрофами.

Другой весьма важный вывод, который необходимо сделать из последних достижений космической органической химии и органического синтеза, заключается в следующем: выявление на других планетах сложных органических веществ не может еще стать бесспорным доказательством существования жизни на этих планетах. На планете могут быть обнаружены органические вещества, но отнюдь не биогенного происхождения. Причиной тому — протекавшая ранее химическая эволюция.

Так, совершенно бесспорно, что из-за отсутствия атмосферы на единицу площади поверхности Луны падает значительно больше неизменных метеоритов (там нет атмосферы), чем на поверхность Земли. Среди них, несомненно, были углистые хондриты, содержащие органические вещества. Последние могут быть обнаружены при химических анализах грунта, который доставят на Землю автоматические станции. И тем не менее обнаруженное органическое вещество не будет служить доказательством существования жизни на Луне. Более того, ряд теоретических

соображений позволяет считать, что гораздо более вероятно полное отсутствие жизни на Луне, чем ее присутствие. Хотя мы и не можем категорически это утверждать до осуществления экспериментальной проверки.

Таким образом химические анализы грунта, дав ценные сведения о планете, все же не смогут ответить на вопрос, существует ли жизнь в данных условиях.

Методы обнаружения внеземной жизни

Но что же в таком случае может быть бесспорным критерием присутствия жизни на планете? Самым убедительным доказательством этого будет, конечно, рост и размножение живых существ. Именно поэтому, когда сравниваются и оцениваются различные методы обнаружения жизни вне Земли, преимущество отдается тем методам, которые позволяют с достоверностью установить размножение клеток. А поскольку наиболее распространенными в природе являются микроорганизмы, постольку и при поисках жизни вне Земли прежде всего следует искать микроорганизмы.

Микроорганизмы на других планетах могут находиться в грунте, почве или атмосфере. Поэтому разрабатываются различные способы взятия проб для анализов. В одном из таких приборов — «гулливере» — предложено остроумное приспособление для взятия пробы для посева. По окружности прибора расположено три небольших цилиндрических снаряда. К каждому снаряду прикреплена липкая силиконовая нить. Взрыв пиропатронов отбрасывает снаряды на несколько метров от прибора. Затем силиконовая нить наматывается и, погружаясь при этом в питательную среду, заражает ее частицами прилипшего к ней грунта.

Размножение микроорганизмов в питательной среде может быть установлено с помощью различных автоматических устройств, одновременно регистрирующих нарастание мутности среды (нефелометрия), изменение реакции питательной среды (потенциометрия), нарастание давления в сосуде за счет выделяющегося газа (манометрия).

Очень изящный и точный способ основан на том, что в питательную среду добавляют органические вещества (углеводы, органические кислоты и др.), содержащие меченый углерод. Размножающиеся микроорганизмы будут разлагать эти вещества. А количество выделившегося в виде углекислоты радиоактивного углерода определит миниатюрный счетчик, прикрепленный к прибору. Если питательная среда будет содержать различные вещества с меченым углеродом (например, глюкозу и белок), то по количеству выделившейся углекислоты можно составить ориентировочное представление о физиологии размножающихся микроорганизмов.

Чем больше разнообразных методов будет использовано для выявления обмена веществ у размножающихся микроорганизмов, тем больше шансов получить достоверные сведения, так как некоторые методы могут подвести, дать ошибочные данные. Например, питательная среда может помутнеть и от попавшей в нее пыли.

Когда клетки микроорганизмов размножаются, интенсивность всех регистрируемых и передаваемых на Землю показателей непрерывно нарастает. Динамика всех этих процессов хорошо известна, и она надежный критерий действительного роста и размножения клеток. Наконец, на борту автоматической станции может быть два контейнера с питательной средой. И как только в них начнется нарастание изменений, в один из них автоматически будет добавлено сильнодействующее ядовитое вещество, которое полностью прекратит рост. Продолжающееся изменение показателей в другом контейнере будет надежным доказательством биогенного характера наблюдаемых процессов.

Конструируемые приборы не должны быть чрезмерно чувствительными, так как перспектива «открыть» жизнь там, где ее нет, весьма неприятна. С другой стороны, прибор не должен дать отрицательный ответ, если жизнь действительно существует на исследуемой планете. Именно поэтому надежность и чувствительность предполагаемой аппаратуры усиленно обсуждаются.

Хотя размножение микроорганизмов и является единственным бесспорным признаком жизни, это не значит, что не существует иных приемов, позволяющих получить ценную информацию. Так, со времен Л. Пастера оптическая активность считается одной из особенностей живого. и предложенный для космических исследований «зонд Пастера» состоит из поляриметра, который должен определить оптическую активность взятых проб. Некоторые краски, соединяясь с органическими веществами, дают комплексы, легко обнаруживаемые, так как они обладают способностью к адсорбции волн строго определенной длины. Один из предложенных методов основан на применении масс-спектрометра, который устанавливает обмен изотопа кислорода (O^{18}), происходящий под влиянием ферментов микробов у таких соединений, как сульфаты, нитраты или фосфаты. Особенно разнообразно применение люминесценции. С ее помощью не только констатируют энзиматическую активность, но при употреблении некоторых люминофоров возможно свечение ДНК, содержащейся в клетках бактерий.

Следующий этап в исследованиях — применение портативного микроскопа, снабженного поисковым устройством, способным отыскивать в поле зрения отдельные клетки. Специальные устройства будут передавать на Землю видимые микроскопические картины. Здесь уместно отметить, что в задачи экзобиологии входит обнаружение не только существующей теперь жизни, но также и палеобиологические исследования. Автоматическая биологическая лаборатория должна суметь обнаружить возможные следы бывшей жизни. В методическом отношении эта задача будет значительно облегчена применением микроскопов, дающих различные увеличения.

Самым сложным и очень трудным в методическом отношении может стать вопрос о возможном существовании форм жизни, более простых организованных, чем микроорганизмы. И действительно, эти находки вероятно, представят гораздо больший интерес для решения проблемы возникновения жизни, чем обнаружение таких относительно сложно организованных живых существ, как микроорганизмы.

Остается еще один не рассмотренный нами вопрос. Может ли жизнь на других планетах быть «построена на иных основах», чем земная жизнь? Есть немало интересных гипотез, которые допускают возможность жизни, построенной не на углеродной, а на кремниевой или германиевой основе. Источниками запасаемой энергии служат соединения не фосфора, а серы. Наконец, в качестве растворителя в организмах фигурирует не вода, а такие соединения, как гликоли, аммиак и другие. Было бы необоснованным отнести все эти гипотезы к антинаучным, но у нас нет никаких оснований и отказываться от земных представлений о внеземной жизни. Готовиться к поискам жизни вне Земли надо, прежде всего исходя из опыта изучения земной жизни. Только в том случае, если все попытки обнаружить жизнь на углеродной основе окажутся безуспешными, можно будет начать поиски в других направлениях. Это единственно возможное решение вопроса в данное время.

В методическом отношении экзобиология находится в более трудном положении, чем дисциплины, изучающие планеты с других точек зрения. Эти дисциплины имеют возможность изучать планеты на расстоянии с помощью различных физических методов и получать очень ценную информацию о свойствах планет. До сих пор нет методов, которые позволили бы аналогичным образом получить сведения о внеземной жизни. Для этого автоматически действующая биологическая лаборатория должна находиться на поверхности планеты. Мы приближаемся к такой возможности. И трудно будет переоценить значение тех данных, которые мы тогда получим.

Всеобщность жизни

В. Ф. КУПРЕВИЧ,
член-корреспондент АН СССР

Прежде всего надо принципиально решить, возможна ли жизнь за пределами нашей Земли. Пока в нашем распоряжении есть только один реальный голос «за». Его подают космические путешественники — метеориты. Они в общем сходны с более или менее часто встречающимися земными породами. Некоторые из них, особенно так называемые хондриты, содержат весьма сложные органические полимеры, приближающиеся к нуклеиновым кислотам, или нуклеотидам. В хондритах найдены образования, повторяющие форму, архитектуру и величину обуглившихся спор некоторых грибов, вплоть до наличия ростковой споры у вершины такой псевдоспоры. Конечно, ни один сколько-нибудь грамотный миколог или микробиолог не поверит, что образование столь сложных полимеров или поразительное повторение жизненных форм в метеорите представляет игру случая. Ничего общего с друзьями или другими аналогичными искусственными объектами они не имеют.

В некоторых институтах Академии наук СССР и других учреждениях проводились интересные исследования: живые организмы подвергались действию вакуума и очень низких температур. Эти опыты показали, что при таких неблагоприятных, в нашем представлении, воздействиях многие организмы оставались живыми. А по отношению к некоторым из них вообще не найдены отрицательные температуры, которые способны были бы их убить. Возникает вопрос: что это — случайность или это приспособление, если можно так выразиться, к «астрополитическому» существованию, когда организмы потенциально могут оставить свою планету и перебраться на другую? Видимо, это — приспособление.

Есть и еще одно обстоятельство, о котором надо помнить, когда речь идет о жизни во Вселенной. Дело в том, что в некоторых отношениях эволюция живого вещества на нашей планете завершена примерно два миллиарда лет назад. Я имею в виду биохимический аппарат живого вещества, основные биохимические процессы. Как показали исследования последнего времени, некоторые аминокислоты, в частности аспарагиновая кислота, глютаминовая кислота, глицинпролин, валин и некоторые другие, оказались чрезвычайно устойчивыми. Они могут сохраняться до 20—30 млн. лет без каких-нибудь существенных изменений. Даже ископаемый моллюск, подвергшийся обстоятельным обследованиям в лабораториях США, обладал миозин-аденозинтрифосфатной системой в мышцах, т. е. той же системой, которой пользуемся мы. Таким образом, 25 млн. лет назад моллюск добывал энергию для своей активной жизни тем же путем, как это осуществляется и теперь. Или второй пример: палеонтологические данные указывают, что фотосинтезирующие организмы на

Земле были и активно действовали около 1,5—2 млрд. лет назад. На самой заре происхождения жизни и формирования первобытных организмов процесс фотосинтеза уже существовал примерно в том виде, как и сейчас. «Хлоропласты» первичных существ так же преобразовывали энергию солнечного луча в энергию органических соединений, как это с успехом делают георгины, что растут под вашим окном.

С помощью изотопных измерений установлено, что способные к фотосинтезу и восстановлению сульфатов организмы существовали около 2 млрд. лет назад. О чем это говорит? Прежде всего о том, что эволюция биохимических процессов, обмена веществ в основном завершилась давным-давно и лишь формообразовательный процесс продолжал свое развитие. Эволюция пошла по пути совершенствования нервной системы и, вероятно, далеко не закончилась. В связи с этим биохимические процессы, связанные с деятельностью нервной клетки, видимо, будут эволюционировать, совершенствоваться и далее.

Чтобы осуществить тонкие и очень сложные биохимические процессы в живом веществе на том уровне, как это сейчас происходит, требуется чрезвычайно длительный период. Если считать, что Земля существует 4—5 млрд. лет, то этого времени явно недостаточно для завершения эволюции ряда важнейших биохимических процессов в период, отстоящий от современного на 2 млрд. лет. Ведь часть этого времени падает на период, когда из-за высоких температур жизнь на Земле не могла быть.

Напрашивается вывод, что жизнь существует во Вселенной везде, а живое вещество приспособилось к низким и сверхнизким температурам. А это значит: в мировом пространстве, возможно, имеются «живые путешественники», «бездомные» представители жизни. Они представляют собой споры или другие формы, зародыши живого, которые, скитаясь в космическом пространстве, ждут благоприятной возможности заселить ту или иную планету, если им «повезет».

■ ПЛАНЕТЫ И ЖИЗНЬ

Лет 45 назад я читал доклад в Русском ботаническом обществе. Помнится, я высказывал уверенность в том, что наше представление о происхождении жизни существенно изменится с выходом человека в Космос. Знакомство с иными мирами, с внеземными фактами даст науке неоценимый материал. Разумеется, я тогда вряд ли смог бы назвать реальные сроки начала космической эры. Мысль о непосредственном изучении других планет тогда была лишь мечтой, мечтой ученого, мечтой человека, стремящегося познать себя и Вселенную.

Я не думаю, что в биологическом отношении мы чем-нибудь отличаемся от людей, живших 1000 лет назад. Но наша власть над природой увеличилась неизмеримо. Это обстоятельство обусловлено социальным, а не биологическим прогрессом. Бурное, стремительное развитие советской науки — лучшее тому доказательство.

Еще недавно считали, что Венера — одна из наиболее перспективных планет для изучения внеземной жизни. В самом деле, благоприятное расположение в Солнечной системе, вес, масса, почти точная, круговая орбита — все это напоминает условия, в которых находится наша Зем-

И поэтому возникает подозрение: не занесены ли из мирового пространства на самых первых этапах возникновения жизни на Земле некоторые примитивные формы живой материи, уже прошедшие длительный путь биохимической эволюции?

Несколько слов об иных формах жизни, основанных не на углероде, как на Земле, а на других элементах.

Принципиально, мне кажется, мы не можем отрицать возможность построения жизни на основе других элементов; из них наиболее подходящим является кремний. Он очень широко распространен в природе, но в наших земных условиях оказался неприемлемым для построения живых существ. В других же условиях кремний может оказаться вполне подходящим фундаментом, на котором основано здание жизни. Однако я думаю, что «кремниевых» разумных и неразумных существ в Солнечной системе нет. Это удел иных миров.

Что можно сказать о жизни на Луне?

Установлено, что поверхность Луны покрыта веществом, отличающимся чрезвычайно малой теплопроводностью. Следовательно, Луна расходует внутреннее тепло очень экономно. Создается впечатление, что под этим теплым одеялом, защищающим «тело» Луны от воздействий Космоса, может не только сохраняться, но и активно развиваться жизнь — на некоторой глубине от поверхности. Более того, какие-то живые существа даже способны в этих условиях эволюционировать. Как далеко зашла эволюция, сказать трудно. Но, так как на глубине нескольких метров температура не только постоянна, но и, вероятно, положительна, эволюция вполне возможна. Однако и относительно низкая температура не препятствует развитию жизни. Достаточно вспомнить условия горной Антарктиды, далеко не лишенной жизни.

Зарождение жизни неразрывно связано с водой. И поэтому встает вопрос: есть ли на Луне вода?

В начальные периоды существования планет в процессе плавления

ля. Поэтому предполагалось, что эволюция на этой планете пойдет тем же путем, что и на Земле. Однако с достоверностью ничего нельзя было утверждать. И еще совсем недавно о Венере существовало несколько различных гипотез. Покрыта ли она льдом, или это сплошной океан, или раскаленная суша — все представлялось гипотетическим. И только недавно пришли неоспоримые данные. Что они принесли?

Прежде всего я должен огорчить писателей-фантастов, которые, по-видимому, возлагали на Венеру большие надежды. Сигналы, полученные оттуда, убеждают нас, что возможность возникновения, а

следовательно, и существования жизни там весьма невелика. Но эти же данные представляют огромный интерес для науки, ибо они показывают совершенно иные формы эволюции, которые вряд ли имели место в таком масштабе на Земле. Сегодня правомерно категорически утверждать: на разных планетах эволюция может идти различным путем.

Наша соседка, по-видимому, эволюционировала несколько иначе, а может быть и совсем иначе, чем Земля.

Святое благовествование от Иоанна начинается так: «Вначале было Слово...». Если писать научную библию, научную историю возникновения жизни, ее надо

вещества образуется большое количество «первозданной» воды. Следовательно, вода была на всех планетах без исключения, в том числе и на Луне. Подсчитано, что на каждый квадратный километр поверхности любой планеты во время ее формирования образуется до 2—3 кубических километров воды. По отношению к отдельным планетам судьба этой водной массы неизвестна. В частности, Луна могла растерять воду. Но если принять во внимание наличие на Луне теплоизоляционного поверхностного покрова, то естественный спутник Земли должен иметь в запасе влагу, конечно в виде льда, залегающего на какой-то глубине. Не исключено, что на Луне есть вода и в жидком виде. Поэтому, я думаю, что основное, очень важное условие для развития жизни — наличие воды — для Луны выполняется.

Мне кажется, на Луне могли существовать простые азотистые и углеродные соединения — аммиак, углеводороды, которые, может быть, и создали в свое время условия, подходящие для зарождения жизни на Луне. И если даже условия для формирования живого были на Луне малоблагоприятны, нельзя не учитывать, что на Луну за миллиарды лет ее существования жизнь могла быть занесена из мирового пространства вместе с космической пылью или крупными метеоритами, которые из-за отсутствия атмосферы сохранялись при падении на ее поверхность.

На Марсе отсутствуют открытые водные пространства. Но это вовсе не говорит о том, что на Марсе нет воды. Она находится, очевидно, в твердом состоянии под почвой.

Вопрос, который всегда возникает, когда речь идет о Марсе, и который часто умышленно упускается, — это вопрос о каналах Марса. Происхождение правильных образований, идущих с одного полушария в другое, нельзя объяснить какими-то естественными причинами. Это — произведение разумной воли.

Сапрофитная жизнь, требующая для своего существования производства в определенных количествах органического вещества, может быть

было бы начать иначе: «Вначале был углерод». Эволюция восстановительных форм углерода, углеводородов и привела к возникновению жизни на Земле.

Такой эволюции на Венере, по-видимому, не было. Там углерод находится в полностью окисленной форме, восстановленных форм не обнаружено, и, следовательно, эволюция углеродистых соединений даже в начальной стадии там маловероятна.

Значит ли это, что со всеми иллюзиями относительно жизни на Венере надо расстаться? Нет. Мы получили очень важные, ценные данные, но сказать, что мы досконально знаем эту планету, конечно,

нельзя. Жизнь, раз возникнув, могла эволюционировать, адаптируясь, приспосабливаясь к тем или иным условиям. Не исключена возможность, что сложные высокомолекулярные углеродистые органические соединения могут находиться в твердых породах Венеры. Но при тех высоких температурах, которые обнаружены на поверхности этой планеты, они, несомненно, должны были подвергнуться разложению, и его продукты обнаружались бы в атмосфере. К сожалению, до сих пор их обнаружить не удалось.

Но, может быть, жизнь способна развиваться не только из углеродистых соедине-

поддержана в условиях Марса лишь при наличии развитой системы орошения. И когда мы видим правильную систему каналов на планете, естественно, по аналогии приходим к заключению о сооружениях, созданных разумными существами.

О жизни на Марсе или на других планетах обычно высказываются астрономы, физики, математики, химики. И в этом своеобразие высказываний. Все «небиологи» пытаются населить Марс и другие планеты земными существами, т. е. такими существами, которые приспособлены к специфическим условиям жизни на Земле. К тому же совершенно игнорируется степень приспособляемости земных существ. А между тем на Земле нет таких ниш, где бы не было жизни. И в нефти, и в бензине, и на дне глубочайшего океана, в горячих источниках, в урановой руде, в растворе серной кислоты, в атмосфере метана или аммиака — всюду есть жизнь. Почему же искусственно ограничивать возможность приспособления жизни к условиям на других планетах?

Астрономы заселяют Марс лишайниками. Это, по их мнению, главный и единственный представитель растительной жизни на пустынной планете. Следует вспомнить, что лишайники появились на Земле в конце мелового периода, когда уже существовал мир позвоночных. И это понятно: лишайники, представляющие комплекс из гриба и водоросли, очень чувствительные организмы. Они не переносят малейших, даже самых тонких примесей необычных газов в атмосфере, они чувствительнее всяких химических реактивов.

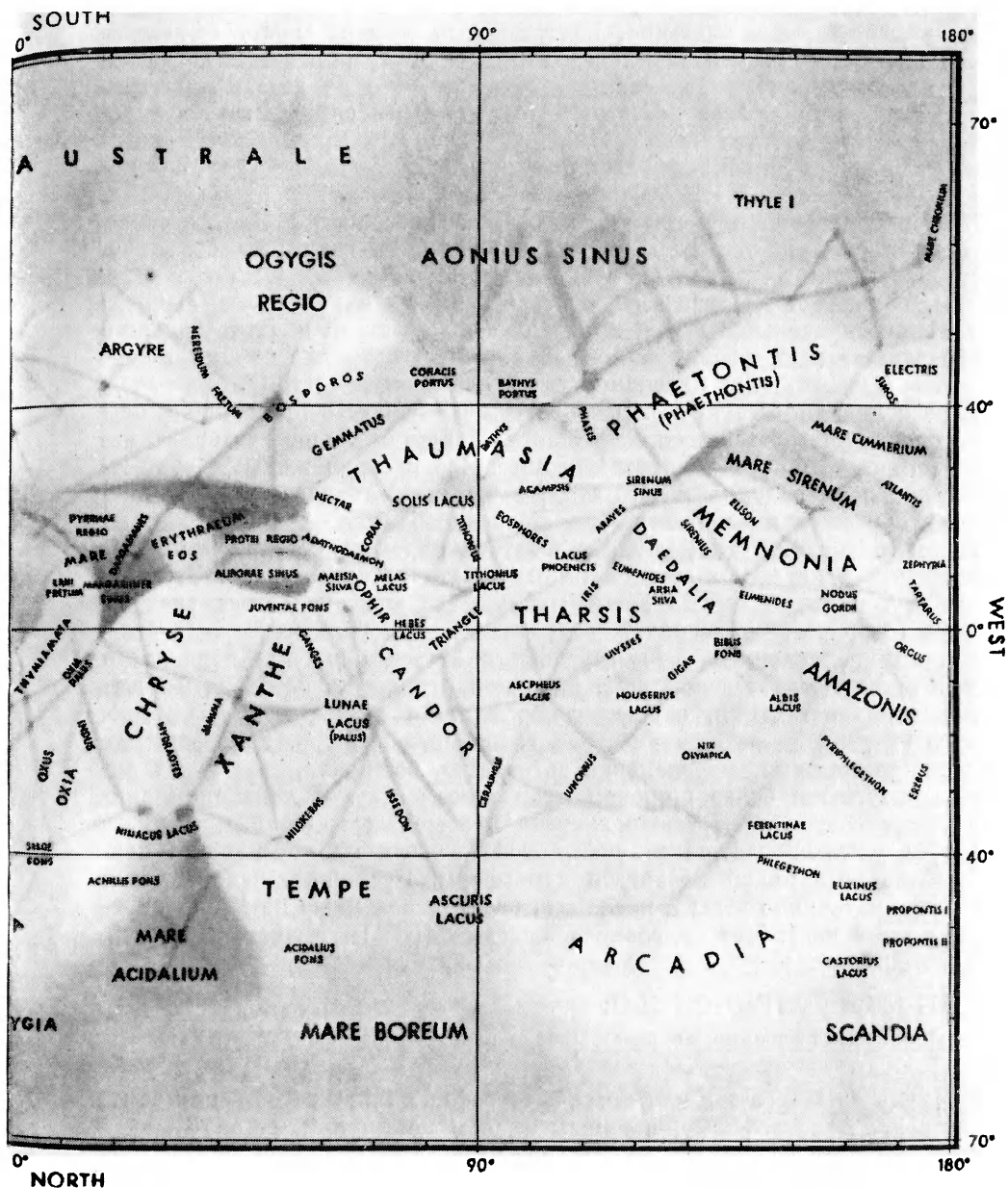
В больших городах — на улицах и в парках — вы не найдете на деревьях лишайников, а в деревне они растут прямо на крышах. Это первый признак того, что атмосфера города засорена газами, которые вырабатываются на предприятиях и выбрасываются в воздух. Химический анализ не даст более точного определения качества воздуха, чем лишайники. И такими нежными и капризными организмами астрономы заселяют Марс!..

ний? Может быть, «ствол древа жизни» способен вырасти на другой, не углеродистой основе? Что ж, почему бы об этом и не пофантазировать. Но мы ничего не знаем о других формах жизни. Никаких научно обоснованных данных об этом нет. В неуглеродистые формы жизни можно верить, можно не верить. Я ученый. Мне веры недостаточно. Я должен точно знать. А я сегодня знаю вот что. Все данные физико-химических исследований говорят нам о том, что иных форм соединений, ведущих к развитию жизни, не может быть. Мы находим соединения восстановленного углерода на других небесных телах, например в ме-

теоритах. В них обнаружены сложные органические вещества. Следовательно, эволюция углеродистых соединений на каких-то иных мирах зашла довольно далеко.

Знаменательный факт! Он означает, что во Вселенной существует объективная закономерная тенденция к развитию жизни, что там, где условия благоприятны, она, по-видимому, неизбежно должна возникать. Наша, земная жизнь — отдельная ветвь этого общего развития материи.

А. И. Опарин,
академик



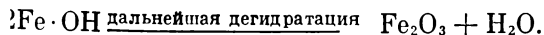
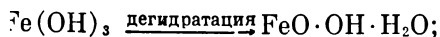
Фотокарта Марса с удивительной сетью каналов (по Е. Слайферу)

Места, которые, как считают, покрыты на Марсе растительностью, населены, конечно, не лишайниками, а какими-то высшими растениями, вероятно культурными. А следовательно... надо говорить о марсианах, которые разводят эти растения. Растительный мир не может существовать сколько-нибудь длительно без сапрофитов (растений, которые не потребляют углерод из воздуха, а используют его из готовых органических веществ; наиболее известные представители сапрофитов — бактерии и грибы). Автотрофы — организмы, питающиеся неорганическими веществами, — всегда сопровождаются сапрофитами. Это элементарная истина.

Я думаю, что естественные условия Марса позволили развиваться сложному комплексу растений и животных, включая разумные существа. Притом марсиане, если они не погибли в результате какой-нибудь катастрофы, находятся на этапе развития, сравнимом с человеком. Очевидно, довольно длительное время марсиане вели на своей планете большие преобразовательные работы. Таких работ человечество еще не смогло осуществить: я имею в виду марсианскую ирригационную систему.

Я разделяю гипотезу И. С. Шкловского об искусственном происхождении одного или обоих спутников Марса. Можно с большой степенью вероятности сказать, что и в наше время Марс населен живыми существами, возможно, разумными. Об этом, в частности, свидетельствует внезапное появление на карте Марса Лоакоонова узла — темной области размером с Украину. Как мог образоваться на столь обширной площади в течение одного-двух сезонов темный растительный покров? Это возможно при наличии весьма активных существ и необходимых средств, не будем говорить технических.

Можно предположить, что в условиях Марса процессы первичного синтеза органического вещества и накопления энергии, необходимой для сапрофитного населения, осуществляются иным путем, чем на Земле. Помимо энергии известных участков солнечного спектра, используемых земными растениями, марсианские автотрофы, возможно, связывают лунную энергию в более широком диапазоне частот. В первичном синтезе может связываться также энергия необычных видов излучений, в частности ультрафиолетовых лучей, проникающих на поверхность планеты вследствие малой плотности атмосферы. Возможно, используются в качестве источника воды и кислорода распространенные на Марсе окислы железа, в частности гидроокись железа $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Может, например, идти дегидратация:



Наличие на Марсе тех или иных автотрофных живых форм, по-моему, обязательно. Автотрофному, в нашем земном понимании, растительному миру должно сопутствовать сапрофитное население, подобное нашим земным бактериям, грибам или животным, систематически перерабатывающим органическое вещество вплоть до исходных простых соединений. В противном случае поверхность планеты была бы уже в течение одного

тысячелетия настолько захламлена органическим веществом, что дальнейшее развитие автотрофного, скажем растительного, мира стало бы невозможным.

Я не исключаю наличия каких-то форм жизни на Юпитере и его многочисленных спутниках. Хотел бы в связи с этим вновь напомнить об исключительной пластичности жизни, о неограниченной ее приспособляемости к среде обитания. Труден лишь первый этап ассимиляции вещества окружающей среды, но неограниченность попыток освоения среды все новыми и новыми жизненными формами обеспечивает победу.

Поистине нет условий, которые явились бы непреодолимыми для живого вещества. Учение Дарвина об изменчивости живых существ и путях приспособления к среде, по-видимому, обязательно для всей Вселенной. Законы, установленные великим английским ученым, не менее обязательны для Космоса, чем законы тяготения или сохранения энергии и вещества.

Межпланетная среда не остается пустой, несмотря на глубокий вакуум. В ней присутствует в газообразном или твердом виде материя, которая может представлять субстрат для живого вещества. На астероидах и космической пыли могут существовать многие миллионы лет сложные органические полимеры, близко напоминающие полимеры, создаваемые живым веществом или идентичные им. Возможно постоянное наличие в Космосе — в межпланетном или межзвездном пространстве — зародышей жизни, неизвестных нам форм, надежно защищенных прочной оболочкой, способных к обмену с внешней средой, например энергетическому.

Жизнь — явление космическое. Как уже говорилось, более 2 млрд. лет назад живое вещество связывало энергию солнечных лучей в процессе фотосинтеза. Немного меньшие сроки существования установлены, судя по следам тяжелей на створках моллюсков, для механизма извлечения энергии из соединения типа АТФ. Где же, в какой среде и в какие сроки осуществлялись процессы, завершившиеся миллиарды лет назад созданием аппарата, лежащего в основе современных жизненных процессов?

Видимо, живое вещество, раз поселившись на любом субстрате, в любой среде, условия которых допустили первоначальное поселение, завоевывает окружающую среду и на пути беспредельной эволюции и совершенствования создаст всю цепь живых организмов, вплоть до разумного существа. Это — неотвратимый закон природы.

Новое в химии планет

А. П. ВИНОГРАДОВ,
академик

До недавних пор наибольший интерес в смысле химии космического пространства представлял, конечно, пояс астероидов. Именно отсюда в руки человека попадал единственный космический материал в виде разнообразных метеоритов.

Вещество метеоритов хранит признаки своего происхождения. В нем как бы «записываются» все космические события за огромный интервал времени — от допланетной стадии до наших дней. Исследования метеоритов по существу открыли совершенно новую область знания, которая обещает рассказать всю историю вещества в Космосе.

Большинство каменных метеоритов состоит из силикатных капелек — хондр (отсюда их название — хондриты). Встречаются метеориты с таким же химическим составом, как и хондриты, но не крупитчатого строения, а также базальтовые метеориты (ахондриты), по структуре и составу напоминающие основную горную породу Земли (базальт, долирит). Но есть и так называемые смешанные, или железо-каменные (каменно-железные), метеориты, которые представляют собой агломерацию железо-никелевого сплава с силикатным веществом в разных отношениях, и наконец собственно железные. Естественно вставал вопрос: каковы условия, при которых возникли все эти разнообразные тела?

Нам представляется, что при остывании плазменного протопланетного вещества, выброшенного Солнцем, происходила независимая конденсация силикатных капелек — хондр каменных метеоритов и капелек железо-никелевого сплава. Эти сплавы, не в пример силикатным каплям, обладают большой теплопроводностью и другими свойствами, благодаря которым легко сливаются в большие массы, образуя ферритовые метеориты. Железо-каменные метеориты появляются в результате агломерации уже «готовых» каменных метеоритов с феррито-никелевым сплавом.

Если попытаться ответить на вопрос о происхождении астероидного пояса, то можно сказать, что это или остатки от «творения» планет или осколки разбитого вдребезги небесного тела. Хондриты с их крупитчатой структурой не могли быть фрагментами крупного космического тела. В этом случае хондры-капельки исчезли бы под влиянием давления. Поэтому можно полагать, что все хондриты возникли при охлаждении солнечной плазмы, так сказать, прошли только метеоритную стадию. Они, таким образом, не являются продуктами какой-то магматической дифференциации вещества.

Совсем другой оказывается история базальтовых метеоритов. Образование этих «космических скитальцев» невозможно представить без процесса выплавления их из хондритового материала. Но где происходит

этот процесс? Вероятнее всего, на «лунах», крупных астероидах. Значит, базальтовые метеориты прошли не только метеоритную стадию, но и планетную. Этот же вопрос относится и к железным метеоритам. Таким образом, в астероидном поясе имеется по крайней мере два вида силикатного вещества — одно прошло только метеоритную стадию, другое и планетную.

Исследования с помощью автоматических межпланетных станций наибольший успех принесли в изучении Луны. Хорошо знакомый теперь всем лунный ландшафт с кольцевыми структурами, по-видимому, будет открыт на всех планетах земного типа. Вокруг вопроса о происхождении горного ландшафта Луны, и прежде всего кратеров, как известно, спор идет более 100 лет. Он не закончился и сегодня.

Борются две гипотезы: вулканического и метеоритного происхождения кратеров.

Сравнение кратеров Луны с большими метеоритными и вулканическими кратерами на Земле убеждает, что большие лунные кратеры имеют вулканическое происхождение. Благодаря исследованиям, выполненным с помощью советских автоматических станций «Луна-10» и «Луна-12», удалось определить общий характер горных пород поверхности нашего естественного спутника. Лунные породы, как видно по результатам регистрации γ -излучения, относятся к основным породам земной коры — базальтам.

Благодаря полету «Аполлона-11» исследователи получили горные породы с поверхности Луны. Эти породы были признаны вулканическими, кристаллизовавшиеся из расплава. В их составе главное место занимают полевой шпат, пироксен и ильменит, т. е. они содержат относительно много железа и титана. По петрографическому, минералогическому и химическому составу породы поверхности Луны относятся к группе базальтов, и их химический состав по содержанию отдельных компонентов более всего совпадает с химическим составом базальтовых мине-

■ ТЕКТИТЫ — КОСМИЧЕСКОЕ СТЕКЛО

Тектиты — это куски темно-зеленого или черного стекла, размером от лесного до крупного грецкого ореха. Они имеют форму полых шаров, луковиц, груш, гантелей, тарелочек. Их находят на поверхности земли, а также в относительно молодых геологических осадках: особенно много тектитов в Австралии, Чехословакии и на Филиппинах.

Одно время считали, что тектиты — это вулканические стекла, обсидианы; иногда их принимали даже за черные алмазы. Но теперь уже не вызывает сомне-

ний, что тектиты не могли образоваться в земных условиях. Родина тектитов — Космос. Это удалось установить, исследуя химический состав тектитов и сравнивая его с составом земных вулканических пород и импактитов — продуктов метеоритных и ядерных взрывов.

В 1958 г. американский ученый В. Барис опубликовал простую логическую таблицу, в которой собрал главные доводы «за» и «против» космического происхождения тектитов. Она наглядно показывала, что известные данные лучше всего согласуются с космической теорией. Мы продолжили эту работу — собрали обширную литературу и разместили ее

ралов. Это значит, во-первых, что породы лунных морей — излившаяся лава, образовавшаяся при извержении вулканов, во-вторых, — нисколько не абсурдна мысль, что, возможно, базальтовые метеориты падают на Землю с Луны.

О каналах Марса написан не один фантастический рассказ. В наши дни к этой планете был отправлен ряд автоматических лабораторий. Однако пока что мы по-прежнему мало знаем о ней. Известно только, что на поверхности Марса преобладают отрицательные температуры. Легкие молекулы газов уходят в пространство, поэтому марсианская атмосфера по мощности в сотни раз меньше земной и содержит главным образом углекислоту. Существование полярных шапок, их исчезновение весной указывает на наличие льда, снега или воды, а, вероятнее, CO_2 — следовательно, на присутствие в атмосфере Марса какого-то небольшого количества водяных паров. Лед, снег, вода меняют внешний вид марсианской поверхности в зависимости от сезона. Полученные снимки поверхности Марса с его многочисленными крупными кратерами показывают схожесть с лунным ландшафтом. По-видимому, цепочки этих кратеров из-за оптической аберрации нам кажутся каналами. Маловероятно, что на этой планете будут открыты районы распространения жизни.

Обнаружение на поверхности Марса многочисленных кратеров — одно из наиболее интересных открытий нашего времени. На снимках, сделанных автоматической станцией, исследователи обнаружили более 300 кратеров разного размера. В полярных областях вокруг валов кратеров обнаружены белые пятна или полосы, вероятно, снега. Установлено также, что горы на Марсе более пологие и низкие, чем на Луне.

Венера по размерам приближается к Земле, но расположена она ближе к Солнцу. Предполагается, что на ней есть районы с неровной поверхностью, гряды гор, и, очевидно, также кратеры, поскольку на Венере мощная атмосфера. Остается загадкой состав мощного облачного слоя

микрокопии и коды на ручных перфокартах. Обработка химической части этих данных однозначно установила связь тектитов с Космосом. Опыт был повторен на электронной вычислительной машине «Минск», и снова был получен тот же результат.

Состав тектитов довольно своеобразен. Химическая роза (один из наглядных способов изображения состава минералов и горных пород) показывает, что тектиты до некоторой степени похожи на кислые вулканические породы и импактиты, но, строго говоря, все же существенно от них отличаются. Например, хотя тектиты можно отнести к кислым по-

родам, в них содержатся такие типичные микроэлементы основного характера, как никель, хром, кобальт; в тектитах содержится очень мало летучих компонентов. Воды в них в 100 раз меньше, нежели в стеклах вулканического происхождения, и в 10 раз меньше, чем в импактитах.

С физико-химической точки зрения тектиты представляют собой твердый раствор окислов различных металлов в кремниевой кислоте. Однако иногда в них встречаются вкрапления чистой двуокиси кремния — лешательерита, которые до недавнего времени находили только в импактитах и фульгуритах (продуктах удара молнии в песок); обнаружены так-

этой планеты. По многим данным, этот слой должен заключать всю воду, которая имеется на Венере. Но пока не ясно, в какой форме — кристаллов льда или капель воды. Под облачным слоем поверхности планеты простирается собственно атмосфера Венеры. Благодаря советским автоматическим космическим станциям «Венера-4, 5 и 6» удалось получить первые сведения о ее составе.

Из-за более близкого расположения Венеры к Солнцу ее эффективная температура выше, чем на Земле. Независимо от других факторов это обусловило переход в атмосферу Венеры значительных количеств воды и углекислоты — атмосфера Венеры состоит на 94—97% из CO_2 . Такая атмосфера должна поглощать огромные количества солнечной радиации, благодаря чему температура поверхности Венеры около 500°C . Одновременно происходила фотодиссоциация воды и углекислоты. Образовавшийся в таких процессах кислород частично поглощался породами поверхности Венеры. Водород же в таких условиях высокой температуры и отсутствия магнитного поля уходит из атмосферы, которая таким путем теряет воду. Все это привело к саморазогреванию атмосферы, образованию «тепличного эффекта».

Расстояние до Солнца сыграло, таким образом, важную роль в образовании разных атмосфер у Земли и Венеры. В условиях «агрессивной» атмосферы Венеры ее породы должны были подвергнуться глубокому разрушению, а вся поверхность значительно нивелироваться.

Итак, планеты внутренней части Солнечной системы обладают оболочками. На Луне — это частично базальтовая кора, на Земле — кора, гидросфера и атмосфера, на Венере — мощная атмосфера и, очевидно, кора земного типа с вулканическими кратерами (иначе откуда могли бы взяться газы ее атмосферы?), на Марсе — кора земного типа (кратеры!), возможно, остатки гидросферы и атмосферы.

Первично холодное вещество планет дифференцировалось в едином геологическом процессе на оболочки — ядро, мантию, земную кору, гидро-

же включения плотной модификации кремнезема — коэсита.

Автор этой статьи обнаружил в тектитах, собранных на Филиппинах, включения окисленного метеоритного железа, в котором американские исследователи идентифицировали затем типичные космические минералы: камасит (никелистое железо) и шрейберзит (фосфид железа). Наконец, совсем недавно другие американские ученые обнаружили в тектитах включения двуокиси циркония — бадделита — минерала, до сих пор встречавшегося только в искусственных стеклах. Иногда в тектитах находят пузырьки углекислого газа; более того, одной из

лабораторий Кольского филиала АН СССР удалось обнаружить в тектитах нефтяной битум! Впрочем, об истинном значении этого сенсационного открытия пока что говорить еще рано: несомненно только, что оно выходит за рамки проблемы тектитов.

Тектиты всегда встречаются в виде скоплений. Эти скопления образуют поля приблизительно эллиптической формы; на этих полях можно найти породы самого разнообразного состава, но состав самих тектитов меняется совсем незначительно. Установлено, что тектиты выпадали под небольшими углами к горизонту уже в проплавленном состоянии

сферу, атмосферу. Но каков механизм этого процесса? Как из твердой в целом планеты поднимались к поверхности вещества, слагающие ее внешние оболочки? Геохимически было показано, что это могло произойти в результате выплавления веществ из недр планеты за счет тепла, генерируемого радиоактивными элементами. Причем процесс этот осуществлялся по принципу зольного плавления. Он сопровождался дегазацией. Мы рассчитали, что изливающийся базальт (при вулканических извержениях на Земле) несет около 7% воды по весу, или около 20% по объему. Вместе с водой отгоняются другие пары и газы. На планетах, подобных Марсу, Земле, они, как правило, связываются породами. Возникают вторичные атмосферы: на Земле под влиянием жизни — кислородная, а на Венере под действием солнечного тепла — тяжелая углекислотная. У других планет атмосфера в силу ряда факторов вообще исчезает.

Имеется еще один фактор, который играет своеобразную химическую роль в эволюции планет, — космическое излучение, так называемый солнечный ветер, а также ультрафиолетовое излучение Солнца. Несколько лет назад в некоторых метеоритах были найдены микроводоросли и другие микроорганизмы. Впрочем, удалось доказать, что эти организмы земного происхождения. В метеоритах они оказались после того, как те попали на Землю. Но только отгремели вызванные этими открытиями дискуссии, как в углистых метеоритах нашли битумоподобное вещество, из которого выделили органические соединения, очень сложные, но оптически не активные. И снова высказывались предположения, что эти соединения — свидетели былой жизни в Космосе.

Все решилось, однако, иначе. Экспериментально было доказано, что если смеси из воды и многих газов, обычно встречающихся в вулканических эксгаляциях, облучать ультрафиолетом, электронами, протонами, то образуются такие же вещества, какие обнаружены в углистых метеоритах. Можно представить, что на ранних ступенях развития планет,

в виде дождей, причем разные поля образовывались, по-видимому, в разное время. Не исключено, что тектиты некоторое время были спутниками Земли: тогда-то и происходило их вторичное оплавление, сопровождавшееся выделением лешательерита.

Из всех существующих теорий образования тектитов этим фактам удовлетворяют только две. Согласно одной из них (эта теория наиболее правдоподобна), тектиты образовались во время вулканических или метеоритных взрывов на Луне. Согласно другой теории, тектиты образовались на Земле при взрывах космических тел — гигантских метеоритов, ас-

teroidов или комет. Собственно земные теории полностью отвергаются; не поддерживает критики также и теория, согласно которой тектиты представляют собой обычные метеориты.

Итак, связь тектитов с Космосом уже доказана; следующим шагом будет окончательная расшифровка механизма их образования. И если окажется, что лунная теория верна, то это будет означать, что человек держал в руках и анализировал лунное вещество значительно раньше, чем совершилась первая мягкая посадка на поверхность нашего спутника.

Г. Г. Воробьев,

кандидат геолого-минералогических наук

когда мощность их атмосфер еще невелика, а интенсивность «солнечного ветра» значительна, синтезировались подобные многочисленные вещества. На Земле мощная азотно-кислородная атмосфера возникла вторично, и, следовательно, было время, когда этот абиогенный синтез на Земле также имел место. Он подготовил появление биосферы.

Очень трудно коротко сформулировать, что такое жизнь. Но, безусловно, я имею в виду только водно-углеродный тип жизни. Какие другие виды жизни существуют во Вселенной — пока никто не знает. Неизвестно даже, существуют ли они. Земная жизнь обязана своим происхождением особенностям основного ее субстрата — свойствам воды и углерода. Действительно, вода самая удивительная жидкость, с какой встречался человек. С другой стороны, углерод — это единственный химический элемент, способный образовывать миллионы разнообразных соединений. Эта его особенность играет исключительно важную роль в создании жизни с ее оптически активными органическими молекулами.

Но воды и углерода было бы еще недостаточно для развития жизни. Мощная атмосфера, озоновый экран, магнитный пояс вокруг Земли и многие другие особенности нашей планеты способствовали развитию жизни, защите ее от проникающей ультрафиолетовой радиации Солнца, воздействия электронов, протонов и других излучений. Так возникла своеобразная структура пространства — биосфера, которая и обеспечила развитие случайно возникшей жизни.

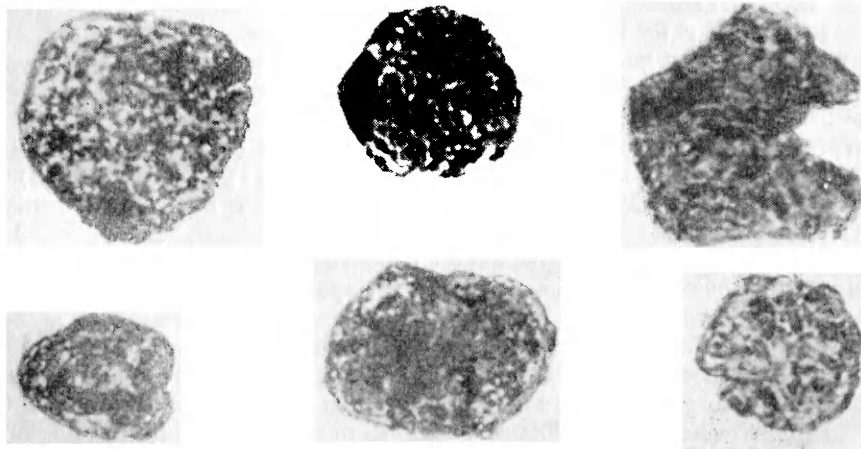
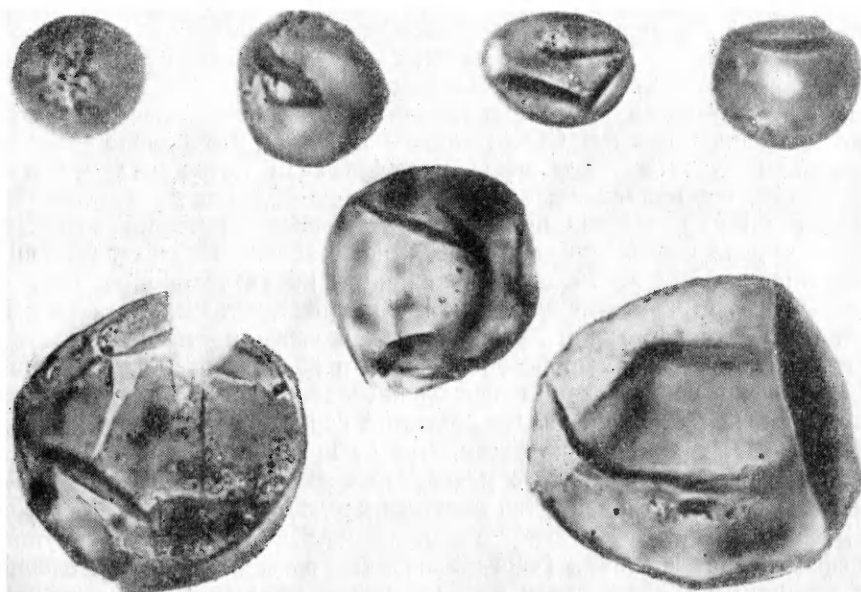
Следы живого в метеоритах

Б. В. ТИМОФЕЕВ,
доктор геолого-минералогических наук

В последние годы весьма оживился интерес к изучению метеоритов, этого «единственного вещества космического происхождения, которое мы можем исследовать так, как исследуют биосферу, т. е. во всеоружии научного знания», познавать так же «глубоко и полно, как вообще природные тела биосферы». Эти слова выдающегося советского ученого академика В. И. Вернадского, сказанные 27 февраля 1938 г. на заседании в Академии наук, невольно вспоминаются в наши дни — в эру широко развернувшихся исследований Космоса.

Большой интерес вызывают каменные метеориты, среди которых обращает на себя внимание немногочисленная группа так называемых углистых хондритов. Углистые метеориты содержат в себе много рассеянного аморфного углистого вещества и углеводов. Содержание углерода в них может достигать 5%. Углерод же, как известно, является важнейшей составной частью органической материи. Однако он может иметь и абиогенное происхождение. Именно такое абиогенное происхождение и приписывалось углистому веществу метеоритов со времен Берцелиуса, исследовавшего в 1834 г. метеорит Алэ, упавший во Франции 15 марта 1806 г. В дальнейшем работами советских и зарубежных ученых было установлено присутствие в углистых хондритах высокомолекулярных углеводородов парафинового ряда. Московский геохимик Г. П. Вдовыкин (1961), исследуя углистые метеориты Грозная (упал 28 июня 1861 г. около крепости Грозная, ныне г. Грозный на Северном Кавказе) и Мигей (упал 18 июня 1889 г. в селе Мигей на Херсонщине), обнаружил в первом вазелиноподобное вещество с ароматическим запахом, а во втором битумы, близкие по составу к озокериту. Еще ранее, в 1890 г., вскоре после падения метеорита Мигей Ю. Симашко в пробе из этого метеорита эфирной экстракцией выявил 0,230% битумного вещества, названного им эрделитом. В углистом метеорите Оргей, упавшем 14 мая 1864 г. во Франции близ города Тулузы у деревни Оргей, найдены углеводороды парафинового ряда, подобные тем, которые содержатся в пчелином воске и коже яблок. Озокерит же (горный воск) и парафин представляют собой, по мнению большинства исследователей, смесь углеводородов органического происхождения.

Еще больший интерес вызывают сообщения о недавних открытиях в углистых и некоторых других каменных метеоритах так называемых организованных элементов, напоминающих по внешнему виду спороподобные образования и некоторые одноклеточные водоросли. Сообщения об этих находках, появившиеся в 1961—1962 гг., основывались на наблюдениях, сделанных различными учеными в США и СССР одновременно, на разном материале и независимо друг от друга.



Различные виды «организованных элементов» в метеоритах

Постепенно выявляется область достоверного и отбрасывается сомнительное, а иногда и просто ошибочное. Так, например, неоднократно писали о находках в метеоритах живых бактерий, занесенных якобы из Космоса. В одном из таких сообщений говорилось о недавнем открытии (в 1962 г.) в Сихотэ-Алиньском железном метеорите живых микробов космического происхождения. Однако исследованиями, выполненными в Институте микробиологии АН СССР, показано, что термофильные бактерии, найденные в кусочке этого метеорита через 15 лет после его падения, имеют земное происхождение.

Другой пример загрязнения метеорита — находка в уже упоминавшемся метеорите Оргей споры папоротника мелового возраста. Очевидно, что она попала туда из меловых отложений, на которые упал этот метеорит. Подобные загрязнения возможны при хранении метеоритов в музеях, при их обработке в лабораториях, в особенности палинологических, где исследуется самый разнообразный и разновозрастный материал.

И все же в распоряжении исследователей накопился в настоящее время обильный материал, заслуживающий серьезного внимания и доверия. Из углистых хондритов Мигей, Оргей, Грозная, Старое Борискино, Ивуна, Боккевелд, из каменного метеорита Саратов и нескольких других в настоящее время извлечены (со многими предосторожностями от загрязнения) и описаны многочисленные микроскопически малые, преимущественно сферические оболочки («организованные элементы»). Их исследование и сравнение с известными на Земле современными и ископаемыми спорами грибов, водорослей, одноклеточными водорослями и другими микроорганизмами дают некоторое основание приписать этим микроскопическим объектам внеземное происхождение.

Интересны результаты микропалеофитологического исследования метеорита Мигей, выполненного автором настоящей статьи. Сколок метеорита весом в 10 г был раздроблен в ступке и затем обработан плавиковой кислотой (для разрушения силикатов). Затем следовало кипячение в крепкой азотной кислоте и в растворе марганцовокислого калия. Этими операциями исследуемый материал был подготовлен к отделению элементов органики («организованных элементов») от минеральной массы, что достигалось сепарацией осадка в жидкости Туле (уд. вес 2,2) на электрической центрифуге в течение 10 мин. Число оборотов в минуту достигало 3000.

Подобным образом обрабатывались небольшие пробы (по 5—10 г) из метеоритов Старое Борискино, Грозная и Саратов. Во всех случаях удалось достичь положительного результата.

В метеорите Мигей обнаружено более двух десятков сферических оболочек, состоящих из органической материи. Оболочки имеют диаметр от 10 до 70 мк, окрашены в желтый, желто-серый и темно-серый (до черного) цвет. Они однослойные, различающиеся по толщине, но чаще всего тонкие, иногда смятые в отчетливо очерченные складки. Поверхность оболочек гладкая, реже шагреновая и мелкобугорчатая. На одной из форм видно округлое отверстие — устье, характерное для некоторых одноклеточных водорослей и зигоспор. Подобные же образования, хотя в меньшем количестве, были извлечены осенью 1962 г. (через полгода

после обработки Мигей) из метеоритов: Старое Борискино, Грозная и Саратов. Заметим, что углистый метеорит Старое Борискино получил широкую известность тем, что в нем советский петрограф Л. Г. Кваша открыла минерал хлорит, водный силикат, и, таким образом, впервые было установлено в метеоритах присутствие кристаллизационной воды; затем кристаллизационную воду обнаружили в метеорите Оргей и других углистых метеоритах.

Почти все «организованные элементы» более всего по внешнему виду напоминают оболочки древних докембрийских одноклеточных водорослей (протосферидий) — мелких сфероморфид, а также споры некоторых фоссильных грибов. Протосферидии были широко распространены в верхнем протерозое (интервал абсолютной шкалы времени 1500—650 млн. лет) и реже в отложениях раннего протерозоя (1500—2800 млн. лет). В связи с этим интересно вспомнить данные советского ученого профессора Э. К. Герлинга, установившего аргоновым методом возраст нескольких углистых и каменных метеоритов (в том числе Мигей и Саратов). Он колеблется в интервале от 4600 млн. лет до 600 млн. лет.

Зарубежные исследователи Ж. Клаус, Б. Нейджи, Г. Юри, Ф. Стаплин и др. всесторонне изучили несколько широко известных углистых метеоритов: Оргей, Алэ, Ивуна, Боккевелд, Тонк и несколько других. Много места эти исследователи в своих публикациях отвели «организованным элементам», их описанию и обсуждению. Особенно детальному исследованию подвергся Оргей, один из самых крупных углистых метеоритов. Его вес 10 кг (вес первого по весу углистого метеорита Миггау, упавшего в штате Кентукки, США, 20 сентября 1950 г., — 12,6 кг, на третьем месте Мигей — 7,948 кг). «Организованные элементы» из метеорита Оргей и других, подвергшихся исследованию, представлены мелкими сфероморфидами, их группами, несколько овальными, боченковидными и ленточными формами (размер от 10 до 80 мк). Многие из них легко сравнимы с теми, которые найдены советскими учеными. Всего зарубежными исследователями выделено более 30 морфологических типов «организованных элементов».

Примечателен тот факт, что многие специалисты (микробиологи, альгологи, микологи и палинологи), познакоившись с «организованными элементами», отказываются признавать их родство с земными организмами. Другие, наоборот, полагают, что «организованные элементы» — остатки организмов, которые жили и угасли на Земле, потом были выброшены в Космос при мощных вулканических извержениях. Большинство исследователей основным источником метеоритов считают пояс малых планет — астероидов. Существует гипотеза, что астероиды возникли вследствие разрушения некогда существовавшей крупной планеты Фастон. С этой точки зрения «организованные элементы» представляют собой остатки биосферы этой гипотетической планеты.

Вокруг находок «организованных элементов» в метеоритах продолжают жаркие споры, но, кажется, все спорщики, скептики и оптимисты, видят необходимость продолжения начатых исследований.

О возможности жизни на Марсе

(геоцентризм в современной
биологии)

Г. А. ТИХОВ,
член-корреспондент АН СССР

В настоящей статье выражение «геоцентризм в биологии» имеет условное, иносказательное значение. Под ним подразумевается, что Земля является как бы образцовым, наиболее благоприятным для жизни телом, до некоторой степени центральным, отступление от физических свойств которого в ту или другую сторону делает уже невозможным зарождение и существование жизни. В таком же иносказательном смысле надо понимать и применяемое в этой статье слово «топоцентризм», выражающее ту мысль, что условия для зарождения и продолжения жизни, а также ее свойства, наблюдаемые в каком-нибудь определенном месте Земли, признаются образцовыми для жизни и в других ее местах.

Геоцентризмом в астрономии называется учение, утверждающее, что Земля является центром всей видимой Вселенной. Так, например, теория древних астрономов, по которой центром движения Солнца и планет является Земля, получила название геоцентрической.

В 1543 г. вышла в свет книга великого польского астронома Николая Коперника под названием «Об обращениях небесных сфер», в которой доказывалось, что центром вращения планет является не Земля, а Солнце. Эта теория получила название гелиоцентрической (от греческого слова «гелиос» — Солнце). Теперь, конечно, никто не сомневается в том, что Земля является рядовой планетой и что она, как и другие планеты, обращается вокруг Солнца.

Однако возникает вопрос: не занимает ли Земля исключительное положение среди планет в другом отношении? Вот тут и проявляется у некоторых биологов и ученых других специальностей сознательный или, скорее, бессознательный биологический геоцентризм. Эти ученые говорят и пишут, что жизнь в Солнечной системе существует только на Земле, мотивируя это тем, что физические условия на других планетах существенно отличаются от земных. Однако такое мнение разделяется далеко не всеми учеными, а является исключением.

Приведу здесь очень интересные высказывания директора Гринвичской обсерватории Спенсера Джонса из его книги «Жизнь на других мирах»: «При попытках выяснить, возможно ли существование жизни на других мирах, мы встречаемся с затруднением, состоящим в том, что нам неизвестно определенно, как возникла жизнь на Земле. Предположим, что мы могли бы доказать, что на каком-либо ином мире условия по существу те же, что и на Земле. Были бы мы вправе считать, что раз жизнь появилась на Земле, то она непременно должна существовать и на этом ином мире, хотя, быть может, и в других формах,

чем те, к которым мы привыкли у себя? С другой стороны, если бы мы могли доказать, что на другом мире условия так сильно отличаются от земных, что делают невозможным существование на нем тех форм жизни, которые в настоящее время имеются на Земле, были бы мы вправе заключить, что этот другой мир совершенно лишен жизни? И не будем ли мы до известной степени правы, предполагая, что существующие формы жизни на Земле развились путем длительной эволюции, в соответствии с существовавшими условиями, так что, если где-либо во Вселенной господствуют другие условия, то они могут породить и другие формы жизни?»

Я считаю эти мысли Спенсера Джонса вполне приемлемыми и с философской и с естественнонаучной точек зрения. Кроме того, к ним нельзя применить понятие биологического геоцентризма.

Некоторые противники мысли о существовании жизни на других планетах Солнечной системы пишут, что доказательство наличия жизни, например, на планете Марс, не имеет принципиального значения, так как это, мол, частный случай. А между тем известно, что любое мнение только тогда получает полную убедительность, когда оно проверено на практике. Противники мысли о существовании хотя бы растительной жизни на Марсе не сомневаются, что где-то в бесконечном пространстве жизнь существует, но доказать это наблюдениями мы не можем ни теперь, ни в сколько-нибудь обозримом времени, а потому они надеются, что если даже будет доказано наличие жизни на Марсе, то это будет лишь частный случай, не имеющий общего, принципиального значения. Таким образом, биологически геоцентризм будет спасен. Как это похоже на всяческие попытки спасти геоцентризм после замечательных исследований Коперника, Кеплера и других корифеев астрономии!

Для уяснения нашей мысли перейду к вопросу о возможности растительной жизни на планете Марс, которая является ближайшим, не считая Венеры и Луны, соседом Земли, обращающимся вокруг Солнца на расстоянии приблизительно в полтора раза большем, чем расстояние, отделяющее от Солнца нашу планету.

Температурные условия на Марсе сходны приблизительно с условиями в нашей Якутии, где зарегистрирована наименьшая температура — 70°C. Однако воды на Марсе несравненно меньше, чем в Якутии, плотность атмосферы раз в десять меньше, чем на Земле, атмосферная влажность много меньше земной, а кислорода, играющего такую существенную роль в земной жизни, практически почти не обнаружено.

Какой же отсюда можно сделать вывод? Не вдумываясь, можно было бы сразу сказать: жизни на Марсе нет и быть не может. К такому выводу и приходят некоторые ученые.

На таком расстоянии, на котором находится от нас Марс, даже при самом благоприятном его положении по отношению к Земле, можно видеть только явления, зависящие от метеорологических и растительных процессов. Деятельность разумных существ могла бы быть обнаружена только в том случае, если бы она достигала громадных размеров.

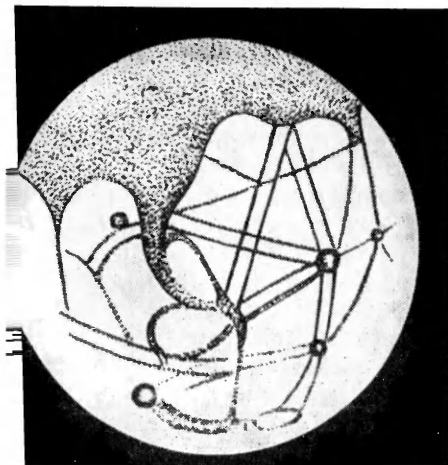
И вот уже в течение многих десятков лет на Марсе наблюдаются явления следующего характера: появление марсианской осенью белой

полярной шапки на соответствующем полушарии и таяние ее с наступлением весны, песчаные бури, появление и исчезновение весенней и летней окраски на темных областях, получивших уже давно неправильное название «морей», медленное изменение очертаний некоторых из этих областей и некоторые другие явления.

Однако при попытках объяснить эти явления и выявился у некоторых ученых биологический геоцентризм. Это даже не геоцентризм, а вернее топоцентризм (начало этого слова происходит от греческого слова «топос», это значит «место»). Поясним эту мысль. Вот, например, некий ученый изучает цвет растений вблизи университетского города, в котором он работает и преподает в университете. Все университетские города до последнего времени были расположены в местах с умеренным или жарким климатом, и все ботаники знали, что растения имеют совершенно определенные цветовые и спектральные свойства. И вот наблюдения марсианских темных мест, меняющих в зависимости от марсианских времен года свою окраску, обнаруживают различие в цвете и спектре с растениями, живущими близ университетских городов. Топоцентрический вывод совершенно ясен: оптические свойства темных мест Марса существованием растительности объяснить нельзя.

В 40-х годах XX в. в городе Алма-Ате родилась новая наука — астроботаника, т. е. наука, изучающая растительность на небесных светилах. Так как первым и наиболее удобным светилом для этого изучения является планета Марс, то зачинателями этой науки было решено исследовать оптические свойства растений, живущих на высоких горах и в субарктике, где климат несколько приближается к суровому климату Марса. Вот тут и обнаружилось очень скоро, что оптические свойства этих растений близки к оптическим свойствам темных участков Марса. Остановлюсь на этом несколько подробнее.

Если мы сфотографируем зеленое растение в инфракрасных (за-
красных) лучах, то оно выйдет на позитиве совершенно белым, как



■ МАРС? НЕТ, ПРЕЖДЕ ВСЕГО — ЗЕМЛЯ!

Пожалуй, нет в науке ничего более смелого и фантастического, чем гипотезы о Марсе. Каждая такая гипотеза с огромной быстротой облетает мир, становясь известной даже тем, кто понятия не имеет об астрономии.

Как же возникают эти гипотезы?

Казалось бы, нетрудно ответить на этот вопрос. Подобно другим гипотезам о Вселенной, предположения о природе Марса

Каналы Марса по наблюдениям Скиапарелли



Рисунок Марса, выполненный Е. Антониади



Марс по наблюдениям Н. П. Барабашова

бы покрытым толстым слоем снега. А между тем если в таких же условиях, в смысле фотопластинок, снять Марс, то его темные места выходят на позитиве не белыми, а темными. Отсюда, с точки зрения топоцентрической, как будто с полным основанием можно заключить, что на темных местах Марса никакой растительности нет. Однако это так, только если рассматривать вопрос с точки зрения топоцентрической; с точки же зрения научной это совсем не так. В самом деле, ученые университетских городов фотографируют растения преимущественно в канникулярное летнее время, а марсианские растения снимаются при низких температурах, подчас ниже нуля. Вот почему получается такое разли-

должны возникать по мере развития астрономической науки и ее наблюдательных средств. Однако у «марсианских» гипотез весьма своеобразная судьба. В отличие от других астрономических гипотез, они имеют, как правило, сугубо «земное» происхождение. В определенной степени они являются отражением того, что есть на Земле. Стоит вспомнить некоторые исторические факты — и возникновение «марсианских» гипотез представится уже не цепью ошеломляющих сенсаций, а довольно любопытной закономерностью.

1. 1869 год. Закончено строительство Суэцкого канала. И в следующее же вели-

кое противостояние Марса (1877 г.) итальянский астроном Скиапарелли открывает на Марсе сеть правильных узких темных линий. Скиапарелли называет их каналами, еще не связывая с этим определением понятия об искусственном сооружении для протока воды.

Идут годы. Скиапарелли продолжает исследовать «каналы» Марса. В 1888 г. на карте итальянского астронома их уже нанесено 130. Наконец, 1893—1895 гг. Скиапарелли твердо выдвигает гипотезу об искусственном происхождении каналов. В то же время (1894 г.) американский астроном Персиваль Ловелл основывает в штате Аризона специальную об-

чис. В самом деле, инфракрасные лучи Солнца несут половину его тепла, и земным растениям в летнюю пору от этих лучей слишком жарко; растения их отбрасывают и выходят при фотографировании в этих лучах белыми. А марсианские растения нуждаются в этих лучах даже во время марсианского лета, а потому поглощают их, не отражают наружу и выходят на фотоснимке темными. Вот какой вывод напрашивается сам собою, если отрешиться от топоцентризма. И это проверено астроботаниками на растениях высоких гор и субарктики. Действительно, многие растения этих мест выходят темными при фотографировании в инфракрасных лучах.

Далее оказалось, что хвойные растения отражают инфракрасные лучи зимой вдвое слабее, чем летом. Наконец, растения одного и того же вида отражают инфракрасные лучи по-разному в зависимости от высоты, на которой произрастает это растение. Чем выше место обитания растения, тем меньше оно отражает инфракрасные лучи, тем сильнее оно их поглощает.

Итак, так называемое инфракрасное явление нашло полное объяснение в трудах сектора астроботаники, и топоцентризм в этом вопросе полностью устранен.

Пойдем дальше. Растения умеренного климата значительно поглощают некоторые участки красных лучей Солнца, что правильно объясняется свойствами зеленого вещества — хлорофилла, дающего зеленую окраску листьям и хвое растений. С точки зрения топоцентрической, казалось совершенно естественным ожидать, что и марсианские темные места должны показывать значительное поглощение солнечного света в тех лучах, которые поглощаются зеленью земных растений. Еще К. А. Тимирязев запрашивал американских астрономов, изучающих Марс, не видели ли они полосы поглощения хлорофилла в спектре темных мест Марса, принимаемых за места, покрытые растительностью. Ответ был отрицательный, причем это объяснялось техническими трудностями, происходящими от малого

серваторию для изучения Марса, в особенности его каналов.

Итак, гипотеза об искусственных каналах на Марсе возникает в 1893—1895 гг. Но именно в это время было закончено строительство Кильского канала (1895 г.) и велось — привлекающее внимание всего мира — сооружение Панамского канала. Случайное совпадение? Но вот интересная деталь: уже значительно позже было выяснено, что почти за 100 лет до Скиапарелли разные наблюдатели нанесли на карты Марса около 60 каналов. Но никто не произнес слова «каналы» и никто не высказал мысль об их искусственном происхождении. Пришлось ждать,

пока на Земле начнется эпоха строительства больших каналов... Только тогда в темных прямых линиях, прорезающих марсианские материки, ученые увидели каналы!

2. 90-е годы XIX в. Изобретены мощные прожекторы со стеклянным параболическим отражателем с посеребренной тыльной поверхностью. В армиях европейских государств вводятся прожекторные команды. На военных флотах начинает применяться световая сигнализация. Проходит несколько лет и... уже в первые годы XX в. в газетах появляется сенсационное сообщение: несколько астрономов обнаружили вблизи терминатора (границы

размера изображения Марса в астрономической трубе. Я сам искал полосу поглощения хлорофилла в спектре темных мест Марса в 1918—1920 годах, пользуясь 15-дюймовым рефрактором Пулковской обсерватории: никаких технических затруднений я не встретил, но полосы хлорофилла не обнаружил. Пришлось прийти к выводу, что такой полосы в спектре марсианских темных мест нет. Итак, с точки зрения биологического топоцентризма, можно было заключить, что растительности на Марсе нет.

Посмотрим теперь, правильно ли такое заключение с точки зрения научной.

Уже в прошлом столетии наш знаменитый ботаник К. А. Тимирязев показал, что растение живет в основном за счет поглощения тех лучей Солнца, в которых лежит главная полоса поглощения хлорофилла. Можно ли из этого сделать вывод, что растительности на Марсе, сколько-нибудь сходной с земной, нет? Такого заключения сделать нельзя уже хотя бы потому, что не учтены все различия в условиях среды на этих двух планетах. В первую очередь надо сравнить температурные условия. В среднем на Марсе значительно холоднее, чем на Земле. Если для жизни земного растения среднего климата достаточно поглощать сравнительно узкий участок красных лучей, соответствующих главной полосе поглощения хлорофилла, то в суровом марсианском климате этого недостаточно. Растение должно здесь поглощать, при помощи особых пигментов, тепловые лучи Солнца, соседние с одной и с другой стороны с главной полосой поглощения хлорофилла, и эта полоса становится таким образом малозаметной. Это заключение также проверено нами на спектрах растений, живущих в суровом климате высоких гор и субарктики.

Далее, давно известно, что весной отдельные участки планеты Марс, покрытые, по нашему убеждению, растительностью, имеют голубой цвет. С точки зрения топоцентрической, это опять противоречит мысли о существовании на Марсе растительности. Однако вдумаясь в это поглуб-

да освещенной и неосвещенной части) Марса яркие белые точки. Световые сигналы марсиан? Так во всяком случае считают многие.

Но тщательная проверка приводит к выводу, что яркие точки — отнюдь не лучи марсианских прожекторов. Нет, это просто облака, освещенные Солнцем...

3. Начало 20-х годов XX в. Быстро растет число радиолюбителей. Установлена устойчивая радиосвязь между материками. Эфир наполнен позывными коротковолновых станций. В 1922 г. для направленных УКВ впервые предложен метод супергетеродинного приема. Радиолюбители обнаруживают чрезвычайно

большой радиус действия маломощных радиопередатчиков при работе их на волнах короче 100 м.

И почти сразу же — в 1924 г. — мир снова облетает сенсация: некоторые радиостанции приняли радиосигналы с Марса! Однако и на этот раз проверка дает отрицательные результаты: «радиосигналы с Марса» оказываются проделкой шутников-радиолюбителей.

4. Разговоры о растительной жизни на Марсе начались еще в 1860 г. Но чтобы перейти от разговоров к научным гипотезам, нужно было понять некоторые особенности марсианской растительности. В частности, следовало объяснить, почему

же. Если растение сильно поглощает красные и соседние с ними оранжевые, желтые и близкие к последним зеленые лучи, несущие еще одну треть солнечного тепла, то в отраженном растением «холодном» свете, состоящем из лучей голубых, синих и фиолетовых, играет главную роль голубой, синий и даже фиолетовый цвет, и растение получает соответствующую окраску. Вот почему марсианские «темные места» имеют голубой или синий цвет. Наши наблюдения на высоких горах и литературные данные вполне подтверждают, что среди высокогорных растений встречается немало таких, которые имеют голубой цвет.

Недавно я прочел книжку «Обитель снегов» В. В. Агибаловой и П. В. Ковалева. В ней описывается природа Гималаев. Оказывается, что на Гималаях растут голубые сосны и голубые маки. О существовании голубых елей в Канаде я давно знал, и такие ели мы даже выращиваем в Алма-Ате, а о голубых соснах я узнал впервые.

Итак, с точки зрения топоцентрической, голубой цвет марсианских темных мест объяснить растительностью нельзя, а отрешившись от топоцентризма, мы совершенно ясно видим, что здесь дело в цвете растительности холодных стран.

Теперь от биологического топоцентризма мы перейдем к биологическому геоцентризму. Говорят и пишут, например, так: на Марсе очень мало влаги и кислорода, следовательно, там жизни нет и быть не может. Позвоительно теперь спросить, кто же нам сказал, что условия жизни на Земле самые лучшие из мыслимых? Я представляю себе такую фантастическую картину: собрались марсианские академики и обсуждают вопрос о возможности жизни на Земле. Выступает марсианский видный ученый и говорит: «Да разве возможна жизнь при таком большом содержании кислорода в атмосфере Земли, которое обнаруживает спектральный анализ? Ведь там все живое должно задохнуться и сгореть. Другое дело у нас: наши растения выделяют кислород через свои корни в почву, а уже из почвы кислород медленно поступает в нашу атмосферу

марсианская растительность отражает свет иначе, чем земная.

Это удалось только после всемирно известных работ Лютера Бербанка и Ивана Владимировича Мичурина, на практике доказавших удивительную приспособляемость земных растений к условиям среды. Именно после Бербанка и Мичурина была создана астроботаника, предсказавшая характер марсианской растительности.

5. 1937 год. Японские наблюдатели зафиксировали на Марсе яркую вспышку. Никаких гипотез, объясняющих ее, пока не выдвинуто.

1945 год. Над Хиросимой и Нагасаки

поднялись ядовитые облака атомных взрывов.

1951 и 1954 годы. Японские наблюдатели вновь обнаружили на Марсе яркие вспышки, причем первая из них сопровождалась появлением белого облачка. Выдвигается предположение, что это — атомные взрывы.

6. 1945—1950 годы. На смену винтомоторной авиации приходит авиация реактивная. Выдвигаются проекты самолетов с атомными двигателями. И в 1946 г. появляется гипотеза о том, что Тунгусский метеорит, упавший еще в 1908 г., был ядерным ракетным кораблем марсиан.

Пожалуй, весьма характерно, что эта ги-

и дает нам и всем нашим животным возможность дышать, не задыхаясь. Большое количество паров воды в атмосфере Земли тоже губительно для жизни. Ведь там живые тела должны содержать громадный процент воды, и при большой силе тяжести на Земле это должно было воспрепятствовать зарождению и существованию жизни».

Марсианские ученые могут рассуждать так со своей ареоцентрической точки зрения (Арес — греческое название Марса). Однако не паминают ли такие рассуждения гипотетических марсианских мыслителей того, что пишут некоторые наши ученые о невозможности жизни на Марсе? Некоторые ученые, рассуждая о возможности (или невозможности) жизни на других планетах Солнечной системы, забывают о чрезвычайной способности живых существ приспосабливаться путем эволюции к самым разнообразным условиям внешней среды. В конечном итоге эти условия становятся для организмов наиболее благоприятными. Это заключение настолько очевидно, что не нуждается в дальнейшем пояснении. Достаточно вспомнить полярного белого медведя и африканскую обезьяну.

Итак, мы совершенно не должны считать благоприятными для жизни на других планетах те физические условия, которые сходны с существующими на Земле, да еще вблизи тех больших городов, где ученые изучали в основном физиологию животных и растений. Все их исследования отягчены мыслью, что условия, имеющиеся в этих местах, наиболее благоприятны для жизни. Мне кажется, что от этого биологического топоцентризма, или, в более общем смысле, биологического геоцентризма, пора отрешиться.

Мы должны изучать жизнь в крайних климатических зонах Земли и в камерах искусственного климата, где условия воспроизводили бы для начала внешние условия на планетах Марс и Венера. Мне думается, что такие исследования внесут много нового в столь важный вопрос, как вопрос о жизни на других планетах.

гипотеза появилась именно в 1946 г., а не в 20-е и 30-е годы, когда Тунгусскому метеориту уделялось очень большое внимание...

7. 1957—1958 годы. Один за другим запущены первые искусственные спутники Земли. Слова «искусственные спутники» становятся необычайно популярными. И в 1959 г. советский ученый, доктор физико-математических наук И. С. Шкловский выдвигает гипотезу, по которой марсианские луны — Фобос и Деймос — представляют собой искусственные спутники.

Сразу же оговоримся: «земное» происхождение, вообще говоря, несколько не

умалывает значения «марсианских» гипотез. У каждой из них своя судьба, каждая играет свою роль в науке. Некоторые из этих гипотез имеют сейчас только историческое значение (например, гипотеза о световых сигналах), другие стали общепризнанными (гипотезы астроботаники), третьи нуждаются в проверке (гипотеза об искусственном происхождении спутников Марса).

Хочется подчеркнуть только одно: какими бы «смелыми» ни казались марсианские гипотезы, они отражают уже то, что человек сделал или открыл на Земле.

В. Журавлева

Разум на Марсе

Ф. СОЛСБЕРИ,
профессор (США)

Не все исследователи соглашаются с тем, что на Марсе могут существовать какие-то формы жизни, некоторые считают, что Марс необитаем. Действительно, аргументы против жизни на Марсе убедительны и хорошо известны.

В качестве введения к рассуждениям о возможности жизни на этой планете приведем пять из них.

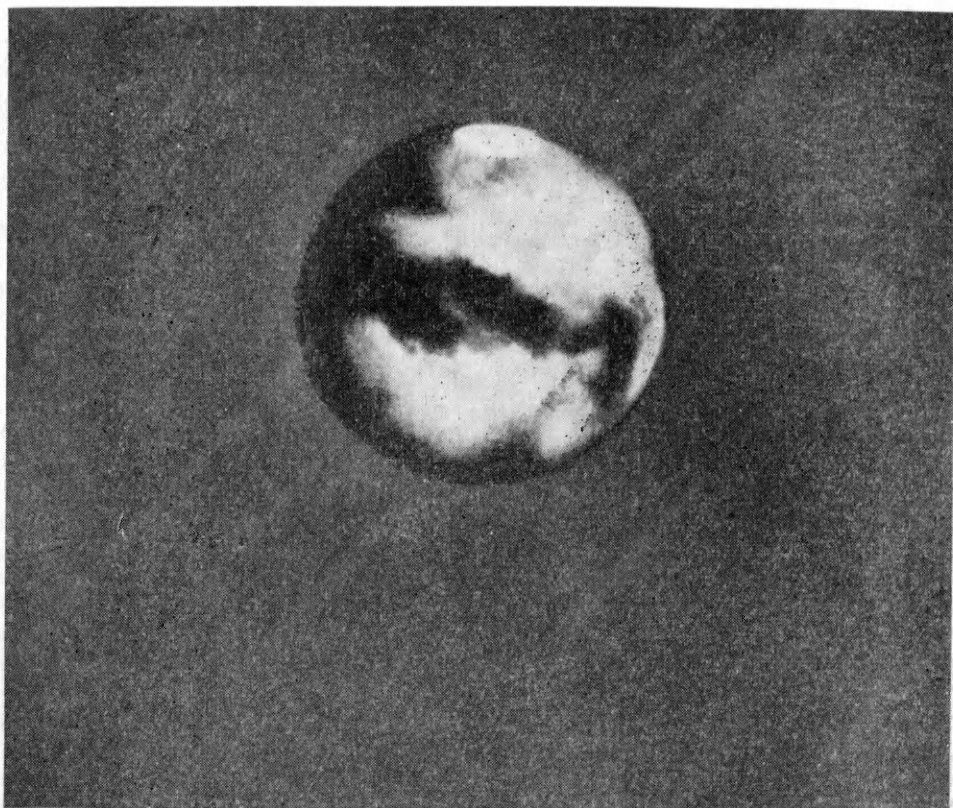
Температура. Средняя температура на Марсе, по-видимому, достигает почти -55°C (на Земле $+15^{\circ}\text{C}$). Возможно даже, хотя ни один астроном еще не видел непосредственно ночную сторону Марса, что температура всей планеты может упасть незадолго до рассвета до -80°C . В середине марсианского лета, как раз после полудня, близ экватора наблюдались температуры до $+30^{\circ}\text{C}$, но возможно, что некоторые области Марса, например Геллеспонтская низменность, никогда не нагреваются выше нуля. Можно ли представить себе какую-либо форму жизни, существующую в условиях такого холода? Некоторые биологи считают, что это невозможно.

Атмосфера. Хотя температурные условия на Марсе кажутся мало подходящими для жизни, атмосферные выглядят еще менее благоприятными. Как показали полеты аппаратов «Маринер», общее давление лежит в области 3—7 мб (атмосферное давление на Земле равно 1000 мб). При таком давлении вода будет быстро испаряться при низких температурах.

Марсианская атмосфера содержит в лучшем случае лишь очень малую примесь кислорода. Правда, многие растения могут жить и без кислорода, но для большинства земных организмов кислород необходим.

Марсианская атмосфера, вероятно, содержит небольшие количества азота и аргона (пока, увы, их нельзя обнаружить спектроскопически), но главная ее масса состоит, по-видимому, из углекислоты, что должно благоприятствовать марсианскому фотосинтезу.

Вода. Уже свыше двухсот лет астрономы наблюдают на Марсе образование полярных шапок и делают вывод, что они состоят из воды. Одно время считалось, что шапки могут состоять из твердой углекислоты (сухого льда), но это предположение ныне оставлено. В марсианской атмосфере не раз наблюдались облака различных типов, по-видимому также состоящих из ледяных кристаллов (на Марсе облака образуются очень редко, тогда как Земля всегда частично покрыта облаками). Совсем недавно вода в марсианской атмосфере была обнаружена спектроскопически, но влажность там должна быть очень низкой. Большинство астрономов утверждают, что дождь на Марсе не идет никогда, хотя доктор Слайфер из обсерватории Флагстаф в Аризоне опубликовал снимки,



Так выглядит Марс на современной фотографии

показывающие потемнение участков поверхности Марса после прохождения облаков. Это может указывать на смачивание почвы влагой атмосферы, хотя такое событие на Марсе наверняка бывает редко. Мы не видим движения жидкой воды по планете, хотя перемещение воды от полюса к полюсу действительно происходит — по мере таяния южной полярной шапки северная нарастает.

Ультрафиолетовое излучение. Измерения, проведенные с помощью высотных ракет, показали, что практически все ультрафиолетовое излучение Солнца должно проникать сквозь разреженную марсианскую атмосферу до поверхности планеты. Ультрафиолетовое облучение такой интенсивности может убить большинство земных видов бактерий в несколько минут, а обычные огородные растения погибнут за 3—4 часа. Уровень космического излучения на Марсе может оказаться выше, чем на Земле, но, как показывает большинство расчетов, он не будет опасным для жизни.

Отсутствие эрозии и кратеры. Снимки, сделанные «Маринер», показывают, что поверхность Марса усеяна кратерами, как предполагают, метеоритного происхождения. Пейзаж очень однообразен в сравнении с земным, поскольку там нет ни крупных горных цепей, ни каньонов, ни пустынных плоскогорий, ни океанов, ни прочих признаков эрозии, встречающихся на Земле. Может ли жизнь возникнуть на планете, лишенной обширных океанов? Может ли жизнь существовать на поверхности планеты с таким однообразным рельефом?

Несмотря на все эти доводы, ряд наблюдений говорит в пользу жизни на Марсе столь убедительно, что мы считаем себя вправе пересмотреть все приведенные выше возражения. Те участки марсианской поверхности, которые астрономы называли морями, обнаруживают все признаки жизни.

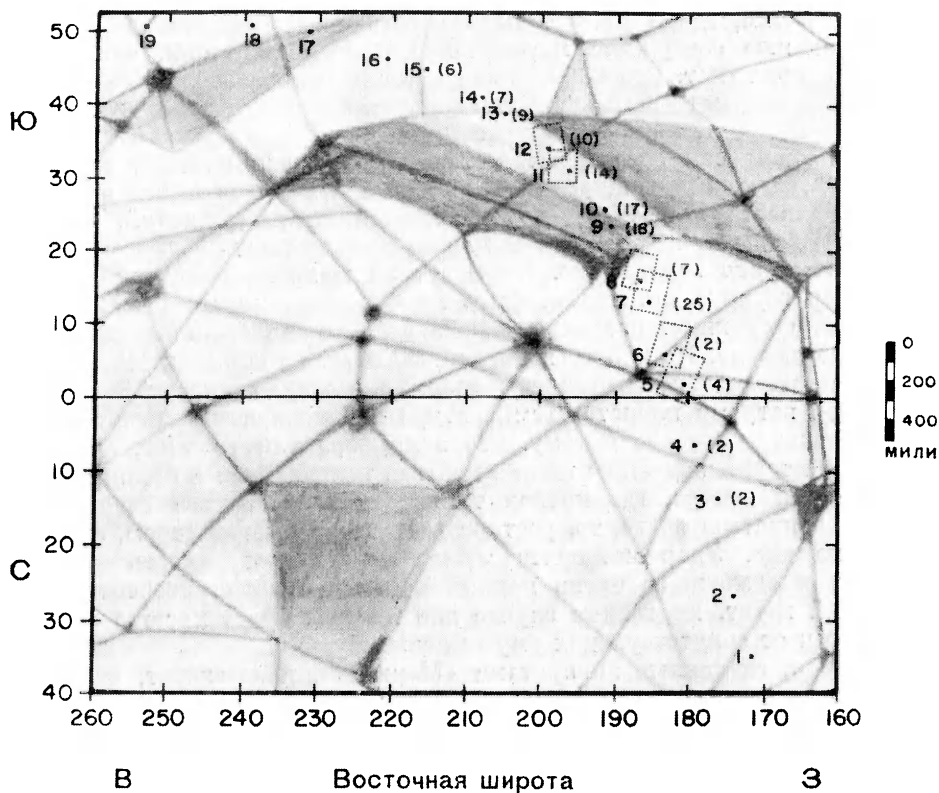
Самая замечательная их особенность — годичный цикл изменения окраски. Во время марсианской зимы они тускнеют или почти исчезают, но с наступлением весны полярные шапки начинают отступать, и тогда «морья» немедленно начинают темнеть. Это потемнение продвигается к экватору, тогда как полярная шапка отступает к полюсу. Трудно придумать этому явлению другое объяснение, кроме того, что волна потемнения вызывается влагой, возникшей при таянии полярной шапки.

На земле весеннее оживление растительности начинается в субтропических областях, и оно продвигается к полюсу — в обратном направлении сравнительно с Марсом. На Земле активация растительной жизни зависит не от воды, а от температуры, на Марсе же вода имеет большее значение.

Постепенное продвижение потемнения от края полярной шапки к экватору совершается с постоянной скоростью, одинаковой из года в год. В среднем фронт потемнения движется к экватору со скоростью 35 км в сутки. Этот факт сам по себе замечателен, поскольку скорость ветра на поверхности Марса (движение желтых пылевых облаков) достигает 48—200 км/час и для него типична форма гигантских циклонов. Все это выглядит некоторой аномалией, если считать, что потемнение почвы обусловлено переносом влаги из полярных шапок атмосферными течениями.

Во всяком случае, марсианские «морья» со своими изменениями окраски попросту кажутся живыми. Физические теории, выдвигавшиеся до сих пор для объяснения этого явления, были отвергнуты одна за другой.

В последнее время в своих биологических исследованиях мы усердно занимались биохимией живых организмов, и нас поразила высокая степень единообразия, которую мы встретили. Существующие различия стремятся сгладиться, и мы можем думать о жизни, как о чем-то по сути едином для всех живых организмов. Но в прошлом веке биолога больше поражало встретившееся ему разнообразие. Много книг было написано, чтобы доказать и описать приспособление живых существ к среде, в которой они живут. Общий вывод здесь должен быть, по-видимому, таким, что живые существа превосходно, и нередко даже поразительно путями, приспособляются к своей жизненной среде. Будет ли поэтому логично рассматривать жизнь на Марсе только с точки зрения земной жизни? Так как марсианская среда коренным образом отличается от нашей,



Участки поверхности Марса, изображение которых передано на Землю зондом «Маринер-4»

мы должны ожидать, что жизненные формы там тоже сильно отличаются от земных.

Иногда марсианские «моря» покрываются слоем желтой пыли, но через несколько дней появляются снова. Если они состоят из марсианских организмов, эти организмы должны или прорасти сквозь пыль, или «стряхнуть» ее с себя. Меня давно уже поразила «плотность» марсианских «морей» сравнительно с окружающими их так называемыми пустынями. Если «моря» так хорошо фотографируются сквозь красный фильтр, то, значит, они состоят из организмов, покрывающих почву сплошным слоем. Это хорошо видно, если наблюдать наши пустынные области с самолета с такой высоты, чтобы отдельных растений нельзя было различить.

В марсианских «морях» и «пустынях» наблюдаются иногда быстрые, происходящие на протяжении нескольких лет изменения. Так, в 1952 г.

появилась темная область величиной с Францию (Лаокоонов узел). Она появилась там, где в 1948 г. была «пустыня». Если такое нашествие на «пустыню» совершили марсианские растения, то они, очевидно, не просто существуют. Это наблюдение настолько поразительно, что мы можем даже подумать о марсианском разуме, сумевшем отвоевать для себя часть «пустыни» с помощью агротехники!

Но прежде чем согласиться с такой радикальной идеей, рассмотрим другие доводы, относящиеся к гипотезе о буйной растительной жизни на поверхности Марса. Здесь есть три линии рассуждений, делающие эту идею более приемлемой, чем можно предположить с первого взгляда.

Марсианская топография. Не могут ли микроклиматические районы, например горячие источники, быть прибежищем жизни на Марсе? Конечно, они слишком невелики, чтобы ими можно было объяснить марсианские «моря». Но кратеры, увиденные нами на снимках Марса, можно признать идеальным местопребыванием для жизни на сухой, холодной, бичуемой ветрами планете. Температура на дне кратера может быть немного выше — отчасти потому, что атмосфера там плотнее, отчасти же благодаря теплоизлучению стенок кратера ночью. Если по краям кратера, на большой высоте, где ночная температура становится очень низкой, может собираться влага, то, растаяв достаточно быстро утром, она может стечь на дно. Удар метеорита может разбить поверхность на мелкие осколки и сделать ее очень пористой, так что вода просочится сквозь пористый грунт. Во всяком случае дно кратера будет хорошо защищено от ветра и от сопутствующих ему пылевых бурь.

Снимки, сделанные аппаратами «Маринер», показывают, что в областях, которые астрономы называют морями, кратеры расположены напаче более густо.

Так или иначе — вполне вероятно, что жизнь могла зародиться на дне кратеров и затем перейти на возвышенности между ними. В очень хороших условиях видимости марсианские «моря» действительно распа-

■ РАДИОЛОКАЦИЯ ПЛАНЕТ

Сигналы, отраженные от разных участков поверхности планеты, имеют разное запаздывание и разный доплеровский сдвиг частоты. Это приводит к уширению спектра отраженного сигнала. Величина этого уширения пропорциональна видимой скорости вращения планеты, поэтому измерения этого уширения позволяют определить элементы вращения планеты.

Отраженные от Луны радиосигналы были впервые приняты в 1946 г. З. Баем в Венгрии и Дж. де Виттом и Е. Стодола

в США. Эти последующие радиолокационные исследования позволили определить расстояние до Луны с точностью до нескольких сотен метров, а также установить коэффициент отражения лунной поверхности и ее отдельных элементов. Для радиолокационных исследований Венеры из-за существенно большего расстояния потребовалось увеличить произведение интенсивности потока посылаемых радиоволн на величину чувствительности приемной установки примерно 10 000 000 раз.

Первые успешные радиолокационные измерения Венеры были произведены в

даются на множество мелких деталей, но у нас нет оснований считать, что сейчас жизнь ограничивается дном марсианских кратеров, так как «моря» Марса слишком обширны для такого объяснения.

Способность земных организмов выживать в крайних условиях. Жизнь гораздо устойчивее к крайним условиям, чем мы обычно думаем. В этом нас убеждают многие наблюдения.

Доктор Сенфорд Зигель и его сотрудники проводили опыты со множеством различных искусственных атмосфер, с температурными крайностями, низкими уровнями влажности, ультрафиолетовым облучением и т. д. В некоторых из своих опытов они пытались воспроизводить предполагаемые условия Марса. Давление в их марсианском симуляторе достигало иногда 16 мб, кислорода практически не было, температура ночью достигала -25°C , а днем $+25^{\circ}\text{C}$. В этих условиях семена некоторых растений прорастают, а у озимой ржи дают ростки, продолжающие жить 2—3 недели, после чего плесень обычно убивает их. Плесени в этих условиях процветают и даже заканчивают свой жизненный цикл! Хорошо растут также некоторые бактерии.

Зигель и его сотрудники открыли один чрезвычайно интересный факт: при низких температурах выживанию некоторых организмов способствует отсутствие кислорода, а при низком уровне кислорода — низкая температура в течение части каждых суток.

Для изучения влияния влажности Зигель выращивал некоторые бактерии в насыщенных растворах хлористого лития. Получать влагу из этих растворов все равно, что получать ее из воздуха, относительная влажность которого составляет долю процента, или из водяных паров при давлении меньше 0,1 мм рт. ст. при $265-270^{\circ}\text{K}$. Уортон в Огайо наблюдал жука, умевшего извлекать воду из воздуха с к. п. д. = 0,65 и концентрировать ее в своем организме при к. п. д. = 0,99. Эти опыты позволяют нам заключить, что на Марсе организмы способны извлекать влагу из атмосферы. Поучительно также вспомнить, что наши высшие

1961 г. в Институте радиотехники и электроники АН СССР совместно с рядом организаций, в США в Лаборатории реактивного движения Калифорнийского технологического института, в Линкольнской лаборатории Массачусетского технологического института, а также в Англии в обсерватории Джодрелл-Бэнк.

Одним из результатов этих измерений и измерений, произведенных в последующие годы, является существенное уточнение астрономической единицы. Астрономическая единица, равная среднему расстоянию от Земли до Солнца, является основной мерой измерения расстоя-

ний в Солнечной системе. Однако, хотя элементы орбит планет определены в астрономических единицах весьма точно, сама астрономическая единица, неоднократно определявшаяся различными астрономическими методами, характеризуется сравнительно малой точностью. Радиолокационные измерения астрономической единицы дали намного более точные данные.

С помощью радиолокации решен имеющий длинную историю и весьма запутанный вопрос о вращении Венеры.

Попытки определить скорость вращения Венеры вокруг оси по движению деталей

растения чувствуют себя прекрасно, извлекая из воздуха углекислоту, хотя ее концентрация там составляет только 0,03%.

Доктор Моррис Клайн и я изучали ультрафиолетовое излучение и его влияние на живые организмы. Мы нашли, что некоторые виды сосны, а также некоторые пустынные виды агавы могут долго выдерживать действие симулированного марсианского спектра. Черная сосна, например, почти не обнаруживает повреждений после 635 часов освещения ксеновой лампой с интенсивностью, ожидаемой на Марсе (включая ультрафиолетовую часть спектра). Многие из исследованных нами растений погибали после 3—4 часов такого облучения; но уцелевшие показывают, что ультрафиолетовое излучение нельзя считать серьезным препятствием для существования жизни на Марсе.

Гипотезы о возможных механизмах приспособления. Рассмотрим здесь только один пример. Как могут живые существа выжить и завершить экологию в атмосфере, не содержащей кислород? Здесь можно придумать несколько решений. Они могут, например, использовать в своих окислительно-восстановительных, передающих энергию реакциях какой-нибудь другой элемент кроме кислорода. У азота есть несколько степеней окисления, и он может сыграть в биохимии эту роль, хотя и менее эффективно, чем кислород. Практически в той или иной степени на такую роль пригоден почти любой элемент: можно построить схемы с использованием и серы, и железа, и фосфора.

Идя другим путем, представим себе, что кислород переходит с одного уровня окисления на другой так, что никогда не принимает газообразной (молекулярной) формы. Давно уже предполагалось, что красноватый цвет поверхности Марса обусловлен наличием окислов железа. Возможно, марсианский фотосинтез переносит электроны от кислорода к железу без выделения газообразного кислорода. При дальнейшем дыхании или распаде электроны могут переноситься обратно, давая окись железа и выделяя энергию. Легко увидеть все трудности такого объяснения,

на ее диске как в видимых, так и в ультрафиолетовых лучах, а также по смещению спектральных линий проводились неоднократно. Однако все они дали противоречивые результаты. Мешал облачный покров, наглухо закрывающий поверхность планеты.

Радиолокационные измерения внесли ясность и в этот вопрос. Скорость вращения определялась по доплеровскому сдвигу частоты отраженных от различных частей планеты сигналов. Оказалось, что в отличие от Земли и большинства планет Солнечной системы Венера вращается в направлении, обратном ее

обращению вокруг Солнца. Вращение это очень медленное: один оборот вокруг своей оси планета совершает за 245 земных суток.

Ось вращения планеты оказалась близкой к перпендикулярной плоскости орбиты. Таким образом, сезонные изменения на ней, подобные земным временам года, не должны быть сильно выражены.

В этих опытах был также определен на волнах от 12 до 70 см коэффициент отражения поверхности Венеры. Он оказался лежащим в пределах 10—15%, что соответствует $\Sigma = 3,7-5,0$ и не противоречит результату, полученному при изме-

но подобная схема возможна, и она позволяет осуществить циклическую экологию на планете, лишенной газообразного кислорода.

Мы можем даже построить ее модель на Земле. Стеклобанная пробирка с плом, содержащим фотосинтезирующие и гнилостные организмы, может оставаться все время анаэробной. Фотосинтез дает восстановительную энергию, которую затем используют для своей жизнедеятельности гнилостные бактерии.

Можем ли мы чисто теоретически изменить земные организмы так, чтобы они удовлетворяли условиям Марса? Относительно новая наука — физиологическая экология растений, рассматривающая их функции по отношению к окружающей среде, дает нам некоторые возможности. Очень поможет нам и знание биохимии. Прежде всего следует сказать, что теоретически гораздо легче видоизменить высшие растения, с тем чтобы они соответствовали выдвинутому критериям о возможности жизни на Марсе, чем простые лишайники. Если бы высшие растения могли существовать, невзирая на почти полное отсутствие воды и кислорода, на низкие температуры и большое количество ультрафиолетового света, тогда они по крайней мере смогли бы быстро вырасти и распространиться так, что этим можно было бы объяснить окраску поверхности Марса. Лишайник, напротив, нуждался бы в огромных видоизменениях, прежде чем с его помощью можно было бы объяснить наблюдаемые нами явления, и в новом виде совсем уже перестал бы походить на лишайник.

Ультрафиолетовый свет, возможно, наименее серьезное из неблагоприятных условий на Марсе. Для устранения его вредного воздействия марсианским организмам следовало бы приобрести только какой-то вид защитного пигмента. Подобные пигменты, обнаруженные в некоторых грибовых растениях (паразитах) Мертвой долины, выдерживают воздействие и ультрафиолетового света, и γ -излучения, количество которого на Марсе неизвестно. Исследования цвета окрашенных очертаний

рении поляризации собственного радиоизлучения.

В 1962 г. в ИРЭ была произведена радиолокация Меркурия, которая подтвердила значение астрономической единицы, полученной радиолокацией Венеры, и дала значение коэффициента отражения поверхности Меркурия, близкое к лунному. Последующие, более подробные радиолокационные наблюдения Меркурия, проведенные Г. Петенгилом, дали неожиданный результат: оказалось, что период его вращения равен 59 ± 5 земных суток в прямом направлении. Значит Меркурий не обращен к Солнцу все время одной

стороной, как это считали раньше. После того, как сообщили об этом результате, были повторно проанализированы прежние оптические результаты наблюдений. Оказалось, что они хорошо согласуются с новыми данными.

В обсерваториях Советского Союза и Соединенных Штатов Америки проведены также радиолокационные наблюдения Марса и Юпитера.

В. Котельников,
академик

А. Кузьмин,
доктор физико-математических наук

марсианских поверхностей действительно указывают на то, что система пигментации на планете однородна и совсем не похожа на земную.

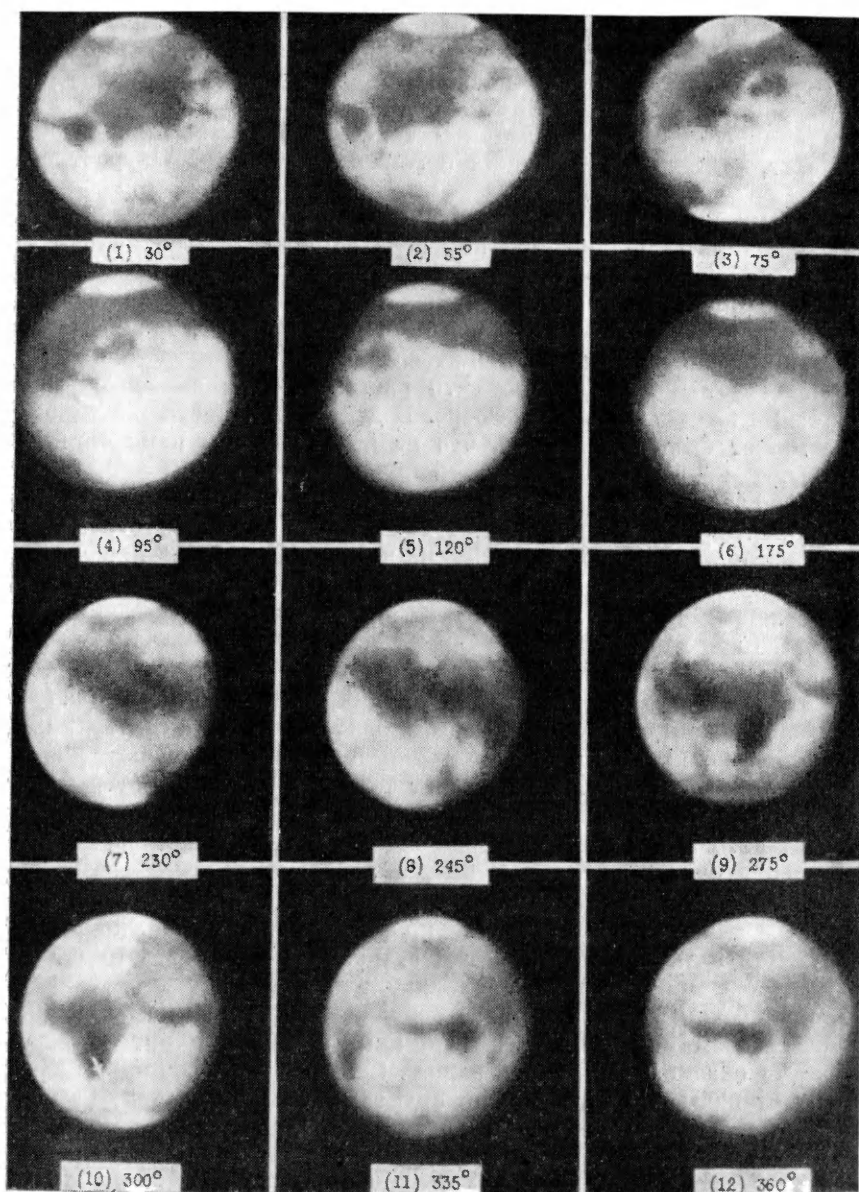
Относительно легко можно себе представить видоизменения растений, направленные на приспособление к специфическим температурным условиям на Марсе. Теплопередача между растениями и окружающей средой исследована довольно подробно, и результаты этих исследований привели нас к очень интересному заключению о выходе тепла. Вследствие очень тонкой атмосферы Марса передача тепла путем конвекции, или теплопроводности, была бы сравнительно малой, а передача скрытой теплоты путем испарения была бы крайне незначительной вследствие малого количества воды.

Все, что расположено на поверхности Марса, находится под существенным влиянием окружающей радиации. Нагревание за день происходит за счет поступающей на планету солнечной радиации (так же, как на Земле), а охлаждение ночью вызывается в основном излучением тепла через лишенную воды и озона тонкую атмосферу. И только углекислый газ мог бы препятствовать этому излучению.

Таким образом, любое приспособление растений, направленное на увеличение поглощения излучаемого тепла в дневное время и на уменьшение теплопередачи в ночное время, было бы благоприятным для них. Быстрое нагревание днем облегчалось бы определенной системой пигментации, стремящейся приблизить организмы к абсолютному поглотителю лучей — черному телу. Потемнение летом и общий серый оттенок окраски марсианских областей, так же как и низкая отражательная способность в инфракрасном свете, должны были бы рассматриваться как отклонения от этого черного цвета.

Марсианские растения днем должны выставлять солнечному свету широкую плоскую поверхность. Вследствие низкого уровня конвекции и теплопроводности тонкий лист кажется наиболее подходящим для этого. Если бы такой лист мог на ночь сворачиваться в трубочку (явление, которое, кстати, встречается и на Земле), это сократило бы потерю тепла. Изменение окраски в ночное время (ближе к белому цвету) имело бы тот же результат, и оно также наблюдается у некоторых растений на Земле.

Температура на Марсе ночью падает так низко, что вопреки всем имеющимся приспособлениям ни один холоднокровный организм не мог бы не замерзнуть. Ответ на этот вопрос не может дать вещество, понижающее точку замерзания, которое растворено в протоплазме. Самым простым было бы предположить, что растения, замерзая на ночь, оттаивают днем, несколько от этого не страдая. Опять-таки на Земле подобные растения имеются в изобилии. Хороший пример — лишайники, мхи и другие низшие формы, которые выдерживают сильные морозы. Даже некоторые виды высокогорных высших растительных форм выдерживают замораживание. Большинство их может переносить самые низкие температуры только зимой, когда у них прекращается обмен веществ, но некоторые могут выдерживать промерзание даже в разгар своего роста. Очевидно, растения просто промерзают до твердого состояния, а затем возобновляют по оттаиванию свою жизненную активность. При таком



Фотоснимки, по деталям которых можно проследить вращение Марса вокруг оси — причину суточных колебаний температуры на его поверхности

процессе марсианские растения, несомненно, могут сохранить значительное количество энергии, так как, по-видимому, они не расходовали бы ее в промерзшем состоянии в ночное время.

Для земных организмов очень важным фактором является вода. Изменение окраски под воздействием таяния полярных шапок как будто указывает, что для марсианских организмов вода тоже играет большую роль.

Без сомнения, на поверхности Марса нет потоков воды, которые бы шли от полярных шапок, так как вода замерзла бы за ночь и испарилась в тонкой атмосфере (есть основания полагать, что вода только увлажняет почву по краям полярных шапок). Вода могла бы двигаться по трубам, построенным разумными существами, но, прежде чем предполагать подобное, надо еще убедиться в этом.

Существует предположение, что растения сами вызывают некоторое увеличение влажности в атмосфере. В действительности же такое увеличение может быть столь мало, что не объяснит нам изменений окраски планеты.

В результате появляются сомнения по поводу роли воды в марсианской биохимии. Если вода служит там основным растворителем или средой, в которой происходят реакции, как на Земле, то проблема действительно представляется серьезной. На основании размера полярных шапок и содержания водных паров в атмосфере было рассчитано возможное количество воды на Марсе.

Эти расчеты указывают: воды, доступной для организмов, там так мало, что последние должны иметь толщину в доли миллиметра.

Однако возникает вопрос, а не входит ли вода в состав живых организмов и не является ли она в этом случае недоступной для образования полярных шапок? Вода может также входить в состав кристаллов льда голубой дымки, но в этом случае она уже никак не доступна для растений. Меня заинтересовал вопрос о том, что, может быть, вода на Марсе играет роль «витамина», а вовсе не основного растворителя. Определенное количество водорода и кислорода могло бы оказаться достаточным для основных реакций, но марсианская биохимия может и не зависеть от этих элементов в той степени, в какой это имеет место в биохимических процессах, происходящих на Земле.

Вопрос о том, служит ли вода основным растворителем или она представляет собой «витамин», так же как и вопрос о потере воды марсианскими организмами, очень важен. Сама форма травянистых растений зависит от воды. Об этом можно судить, наблюдая за тем, как увядают растения. В самом деле, на Земле растения являются главными проводниками воды из почвы в атмосферу. Безусловно, такое явление не имеет места на Марсе. Должна существовать какая-то единая форма приспособления организмов к условиям среды, строго ограничивающая потерю воды марсианскими растениями. Проследить визуально такой механизм очень трудно. Наши растения теряют воду, потому что они должны поглощать углекислый газ. Поскольку марсианским растениям, несомненно, потребуется углекислый газ в качестве источника углерода, они тоже должны столкнуться с этой проблемой.

В настоящее время у нас есть модель, решающая эту проблему. Определенные соединения, например гексадеканол, могут покрывать озера мономолекулярным слоем, предупреждая (или ограничивая) испарение воды, в то время как кислород и другие газы будут свободно проходить через этот слой. Ограничится потеря воды, хотя необходимый газообмен будет продолжаться. Можно допустить, что марсианские растения покрыты именно таким соединением, которое необходимо для задержания воды при поглощении углекислого газа из атмосферы.

Возможно, самой серьезной из рассматриваемых проблем является фактическое отсутствие кислорода в марсианской атмосфере.

Страгхолд предположил, что в марсианских растениях имеется внутренняя атмосфера, задерживающая полученный в процессе фотосинтеза кислород, который затем используется в дыхательных процессах. Но как может организм впитывать в себя углекислый газ и удерживать какой-нибудь другой, например кислород? И так же, как в случае анаэробного дыхательного процесса, жизнь должна была бы развиваться в направлении непрерывного выделения углекислого газа без каких бы то ни было замен на протяжении обычных процессов распада.

Только одна из многих существующих сейчас гипотез способна объяснить существование жизни на Марсе. Гипотеза эта заключается в том, что основные биохимические механизмы марсианской жизни отличаются от механизмов земной жизни.

Марсианские организмы могут расщеплять кислород из окисей железа, содержащихся в почве «пустынь», подобно тому, как происходит расщепление кислорода из воды в процессе фотосинтеза у земных растений.

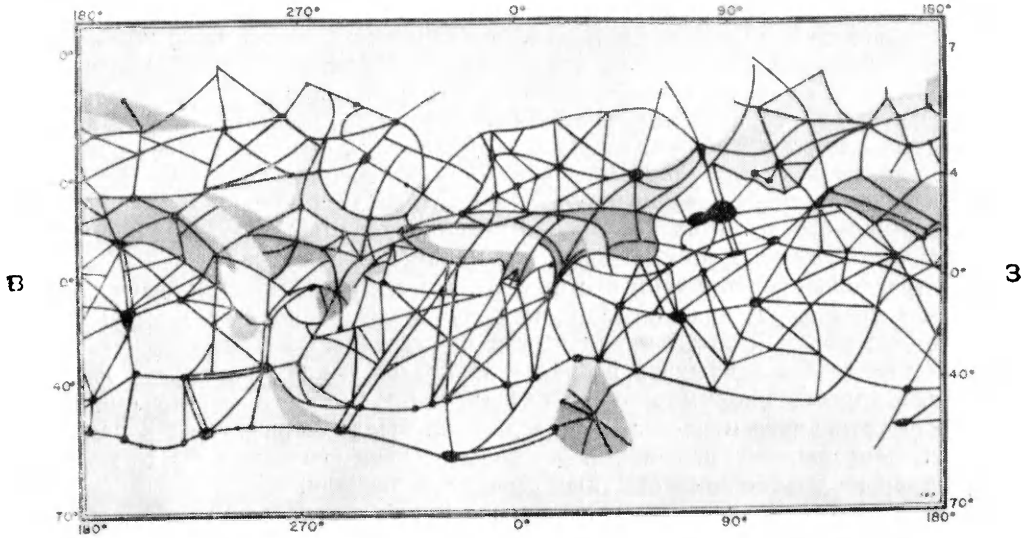
Если приведенные рассуждения заставили нас согласиться с наличием на Марсе пышной и хорошо приспособившейся растительности, то мы едва ли сможем игнорировать остальных членов биологического сообщества. Животные могут решить биохимические проблемы марсианской среды так же, как решили их растения. Марсианские «моря» мы можем считать чем-то аналогичным нашей растительности. Но в такой биологической ситуации возможны и самодвижущиеся организмы.

Следующей ступенью лестницы является разум. Все держится на гипотезе о цветущей растительности. Если она есть, то мы должны признать, что возможны и животные. А если есть животные, то мы должны признать для них возможным достижение того уровня, на котором начинается сознательное взаимодействие со средой, а это мы называем рефлексивным разумом. Есть ли, однако, разум на Марсе?

Вспомним о постоянной скорости волны потемнения, начинающейся с каждой марсианской весной. Ветры, могущие нести влагу в атмосфере планеты, не имеют такой постоянной скорости. Не обусловлена ли она наличием какой-то технической ирригационной системы, построенной марсианами? Лаокоонов узел — явление столь фантастическое, что мы должны считаться с возможностью его возникновения в результате какого-то ирригационного проекта на Марсе.

Я долго раздумывал над тем, почему «моря», нанесенные на карту астрономами, не имеют никакой топографической связи с поверхностью, которую показали нам снимки, сделанные «Маринером-4». Природная

Ю



С

Сеть марсианских каналов по наблюдениям П. Ловелла

растительность, конечно, должна относиться к топографии Марса, как и на Земле. Будь какая-нибудь из физических теорий верна — вулканическая гипотеза, или гипотеза об окислах азота, или гипотеза о гигроскопических веществах, — «моря» оказались бы тесно связанными с топографией. Не наличие ли разумного земледелия есть единственное объяснение отсутствия этой связи?

Каналы на Марсе долго были предметом спора как возможное доказательство разумной жизни. У этой замкнутой сети линий, которая становится видимой, когда условия в нашей атмосфере и на поверхности Марса благоприятствуют тому, — у нее должно быть какое-то объяснение. Особенно примечательны две ее особенности, отмеченные астрономами. Во-первых, это замкнутая сеть, у которой лишь очень немногие линии попросту обрываются в «пустынях», не присоединяясь ни к чему другому. Во-вторых, линии сети пересекаются в темных пятнах, названных астрономами оазисами. Луна усеяна кратерами, но там нет ничего похожего на сеть каналов. И эта сеть непохожа на линии сброса или трещины между метеоритными кратерами на поверхности Земли. Но города на дне кратеров наверняка будут соединены сетью коммуникаций, включая сюда подземную оросительную систему, вдоль которой располагаются «фермы» (этим, быть может, объясняется ширина каналов, достигающая нередко 30—50 км).

В последнее время появились предположения о том, что спутники Марса могут быть искусственными. Эти два спутника движутся по почти круговым экваториальным орбитам, и в этом смысле они отличаются от

естественных спутников любой другой планеты солнечной системы. Они находятся на близком расстоянии от Марса и по величине очень невелики. Если Фобос и Деймос отражают не больше света, чем наша Луна, тогда они, возможно, имеют соответственно 16 и 8 км в диаметре. Если их отражательная способность больше, чем у Луны, то они еще меньше. Ускорение при движении одного из этих спутников происходит таким образом, что есть основания допустить, что спутник представляет собой полую сферу (гипотеза И. С. Шкловского).

Наибольший интерес представляют обстоятельства их открытия. В 1862 г. во время самого благоприятного для наблюдений противостояния XIX в. спутники обнаружить не удалось, но в 1877 г. во время следующего противостояния обсерваторией в Асаф Холл были открыты сразу оба спутника. Следует ли приписать неудачи 1862 г. несовершенству существовавших в то время телескопов или можно предположить, что спутники были выведены на орбиту между 1862 и 1877 гг.?

На поверхности Марса иногда наблюдаются очень яркие световые вспышки. Иногда они продолжаются по 5 мин., а вслед за этим возникает расширяющееся белое облако. Нужно тщательно просмотреть литературу по астрономии, чтобы определить, как часто наблюдались такие явления. У меня после исследования ограниченного материала создалось впечатление, что с 1938 г. — первого известного мне случая — такое событие повторялось раз 10—12. Яркость вспышки почти эквивалентна яркости взрыва водородной бомбы. Такой яркий, голубовато-белый свет едва ли может быть вулканическим, а взрыв упавшего метеорита не мог бы продолжаться так долго. Но в то же время невозможно представить себе, чтобы это явление действительно было термоядерным взрывом. Совпадение в исторических периодах само по себе столь фантастично, что оно составляет решающий довод против такого объяснения. Являются ли, однако, так называемые вспышки на поверхности Марса естественным феноменом или каким-то продуктом разума? Вероятно, для ответа на этот вопрос нужно будет исследовать Марс непосредственно.

Итак, мы имеем сложную сеть каналов, сезонные изменения окраски, спутники, яркие световые вспышки, за которыми следуют белые облака.

Самое простое объяснение всего этого то, что на Марсе есть жизнь. И, судя по полученным в последнее время данным, мне кажется вполне возможным заключить, что там может быть и разум, не уступающий нашему или даже превосходящий его. Эта возможность достаточно велика, чтобы оправдать всякие усилия для достижения Марса и исследования его поверхности.

Мы должны сделать все возможное, чтобы, прилагая научные принципы, разобраться в явлениях, намекающих на возможность жизни и разума на этой планете. Таковы методы науки, и в прошлом они оказывались плодотворными. Может быть, мы найдем для всех этих поразительных наблюдений естественное объяснение. Но в то же время мы должны считаться и с возможностью найти на Марсе разумную жизнь.

Мы должны умственно, эмоционально и научно подготовиться к тому, что наш ближайший космический сосед, быть может, населен разумными существами.

Можно ли обнаружить наше присутствие?

К. САГАН,
профессор (США)

Зарождение жизни является, по-видимому, случайным эпизодом в раннем развитии поверхности планеты. Для широкого «производства» сложных органических молекул нужны лишь самые общие условия — восстановительная атмосфера из довольно часто встречающихся в Космосе газов и известные количества жидкой воды. Судя по истории Земли, можно считать, что если такие условия будут преобладающими в течение хотя бы нескольких сотен миллионов лет, то возникновение жизни становится вероятным. Насколько мы знаем, годятся и значительно более короткие отрезки времени.

Однако помимо общей исходной среды нужно рассмотреть и другие факторы. Если поверхностная температура слишком высока, то обычные органические молекулы будут разлагаться термически с такой же скоростью, как и возникать, и не будет жидкой среды как растворителя для первых химических взаимодействий и как защиты от первичного ультрафиолетового излучения. Если поверхностная температура слишком низка, то знакомые нам химические реакции пойдут с незначительными скоростями, а жидкая среда замерзнет и ее снова не будет. Точку замерзания воды можно понизить, добавляя в раствор соли. Поэтому возможными пределами для жидкой воды как среды для живых систем и для достаточной устойчивости и скорости реакций привычных нам органических веществ нужно считать температуры от -50 до $+100^{\circ}\text{C}$. Так как на дневной стороне Меркурия, например, господствуют температуры гораздо выше этой, то у нас есть некоторые основания пока что исключить возможность жизни там.

Другим фактором является температура экзосферы, уровень, начиная с которого молекулы улетают в пространство. Если температура экзосферы очень высокая, то высокой будет и скорость улетучивания планетной атмосферы. Ее восстановительная атмосфера сохранится лишь на очень короткие сроки, недостаточные для зарождения жизни. У Меркурия масса так невелика, а температура экзосферы так высока, что всякая первичная восстановительная атмосфера, какой он мог обладать когда-нибудь, улетучилась уже очень давно. В низкотемпературных средах возможны более удивительные типы биохимии. Воду как растворитель могут заменять жидкие растворы аммиака или углеводов, а соединения углерода в биохимической структуре могут быть заменены соединениями кремния.

Наши познания о планетарных средах позволяют нам сейчас исключить Меркурий и поверхность Луны из числа возможных очагов жизни. То же, вероятно, относится и к Венере, к астероидам и к боль-

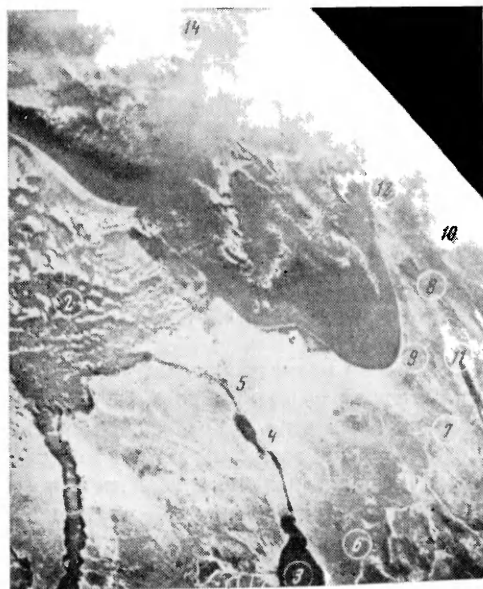
шинств у других спутников в Солнечной системе. Но, прилагая априорно отрицательные суждения, мы должны тщательно следить, чтобы не поддаться обману земных аналогий. На других планетах могут существовать такие виды химии и такие живые системы, каких мы не можем даже представить себе. Самый лучший подход здесь — наблюдение, а не дедукция.

Можно ли с помощью отдаленной наблюдательной станции обнаружить живые системы на Земле? Масса Земли составляет $6 \cdot 10^{27}$ г; масса атмосферы $5 \cdot 10^{21}$ г. Масса же биологического материала на поверхности Земли, по самым последним оценкам, лишь в несколько раз более 10^{17} г. Это меньше, чем 0,0001% массы воздуха и около $10^{-8}\%$ массы Земли. Таким образом, несмотря на все наше чванство, мы являемся лишь чем-то вроде биологической ржавчины, цепляющейся за поверхность нашей маленькой планеты и висящей гораздо меньше, чем невидимый воздух, окружающий нас. Однако мы подчинили себе и преобразовали поверхность своей планеты, изменили ее характер и готовимся покинуть ее, чтобы отправиться в далекий путь. Можно ли заметить нашу деятельность издали? Можно ли обнаружить наше присутствие?

На марсианском небе планета Земля будет заметна как очень яркая звезда, лишь немногим менее яркая, чем Венера на земном небе. Как мы видим фазы планеты Венеры, так гипотетический марсианский астроном будет наблюдать фазы Земли. Так как Земля на марсианском небе видна под большим углом относительно Солнца, чем Венера для нас, то наблюдать ее с Марса будет легче, чем Венеру с Земли. Земля будет играть роль утренней и вечерней звезды, стоящей низко на марсианском небе. Вследствие наличия фаз трудно будет наблюдать ее поверх-

Снимок земной поверхности, полученный с «Джемини-7»

1 — долина Нила,	8 — Тивериадское
2 — дельта Нила,	озеро,
3 — Красное море,	9 — Израиль,
4 — озеро Аммер,	10 — Сирия,
5 — Суэцкий канал,	11 — Иордания,
6 — Синайский	12 — Ливан,
полуостров,	13 — Турция,
7 — Мертвое море,	14 — Кипр



ность около полудня по местному времени, кроме тех случаев, когда Земля находится на большом расстоянии от Марса по ту сторону Солнца.

Будут ли заметны из марсианской обсерватории наши инженерные сооружения — плотины, водохранилища, города?

Вследствие турбулентности нашей атмосферы даже крупнейший из телескопов, 200-дюймовый зеркальный телескоп обсерватории Маунт Паломар (Калифорния) может фотографировать на Марсе объекты не меньшие, чем около 300 км в поперечнике. Марсианская атмосфера гораздо разреженнее земной, и возможно, что разрешающая способность марсианских телескопов менее ограничена свойствами атмосферы. Самый маленький объект на Земле, видимый с Марса, должен будет иметь диаметр несколько километров.

Земля уже несколько раз была сфотографирована из Космоса.

В США принята программа систематической фотосъемки Земли спутниками серии «Тирос» и «Нимбус», чтобы, картографируя образование, движение и рассеивание облаков, улучшить метеорологическое прогнозирование. На снимках Земли, сделанных спутниками «Тирос» и «Нимбус», иногда видны интересные по своей структуре облачные формации. В прорывы между облаками можно увидеть поверхность Земли. Но даже когда области, изображенные на снимках, относятся к тем районам Земли, где население и растительность всего гуще, при самом тщательном изучении на них не видно ни малейшего признака жизни.

Нью-Йорк кажется пустынным, Индия и Цейлон — бесплодными. Эти же выводы повторялись сотни раз при тщательном исследовании фотоснимков густонаселенных областей на Земле: при разрешающей способности не выше нескольких километров признаки жизни на Земле не обнаруживаются!

Всего в серии «Тирос» было сделано и исследовано несколько сот тысяч снимков. На некоторых из них можно различить объекты, диаметр которых не менее 2000 футов. Но из всех этих снимков только

■ ОБИТАТЕЛИ БЛИЖНЕГО КОСМОСА

Люди поднимаются на ракете в Космос и встречаются там с людьми — эта сегодняшняя реальная ситуация пришла на смену давним утопическим мечтаниям о встрече с разумными существами за пределами Земли.

А ведь если вдуматься, подобные мечтания сыграли известную роль, привлекая внимание человека к Космосу. Когда-то, после того как гелиоцентрическая система Коперника получила всеобщее признание и стало очевидно, что наша Земля — лишь рядовая планета Солнечной системы, а само Солнце — обычная

звезда в огромной Галактике, существование обитаемых миров также было признано совершенно несомненным. Стремление человека найти в Космосе какую-то жизнь, войти в сношения с представителями других миров явилось существенным стимулом развития космонавтики на заре ее зарождения. Чисто научные задачи стояли тогда в известной степени на втором плане.

Означает ли это, что сегодня, когда проникновение человека в Космос связывается с планомерной и последовательной научной работой, забыта извечная мечта о контактах с разумными существами вне Земли?

на одном видны ясные признаки жизни на Земле. Этот снимок сделан спутником «Тирос-2» над лесом близ канадского города Кохрейн, 4 апреля 1961 г. В верхней левой части снимка видно несколько широких параллельных линий, перпендикулярно им — другая группа линий. Лесорубы прорезали в канадских лесах просеки в милую ширинкой, разделенные расстояниями в две мили. После этого выпал снег, подчеркнув контраст между деревьями и безлесными просеками. Но даже на этом одном снимке, одном из миллиона, будут ли заметны признаки жизни с точки зрения марсианского наблюдателя? Разве марсиане не могут представить себе какой-нибудь геологический процесс, дающий такую картину? Даже здесь, при разрешающей способности выше той, какую могут иметь воображаемые марсиане, мы не найдем строгого доказательства наличия жизни на Земле.

Наша группа провела исследования снимков, сделанных спутниками «Нимбус» при максимальной разрешающей способности. Когда она достигала нескольких десятых долей километра, то мы могли различить недавно построенное шоссе в Теннесси, возможный след реактивного самолета в проливе Дэвиса, след от корабля в Красном море, но также и прямолинейное образование у северного побережья Марокко, имевшее все внешние признаки искусственного, а оказавшееся естественным полуостровом. При разрешающей способности в несколько десятых долей километра признаки разумной жизни на Земле можно обнаружить, но они сомнительны. Для убедительного фотографического доказательства разумной жизни на Земле нужна разрешающая способность в 10 м или еще выше.

Можно ли обнаружить ночное свечение наших крупнейших городов — Нью-Йорка, Москвы, Токио, Парижа, Лондона, Чикаго?

Предположим, что искусственное освещение одного из крупнейших городов в среднем вдесятеро ярче света полной Луны и ограничено площадью в 10 км². Тогда марсианский астроном, наблюдая ночное полу-

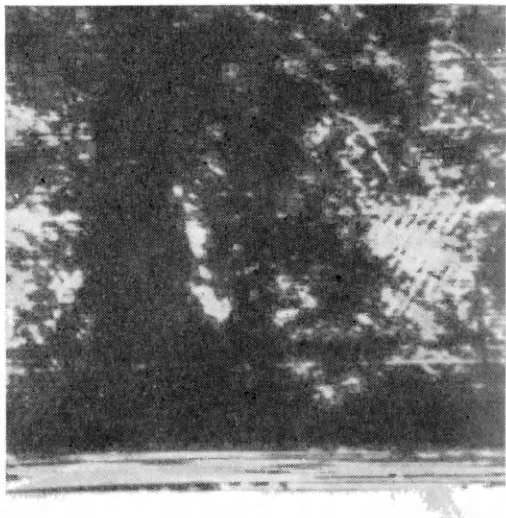
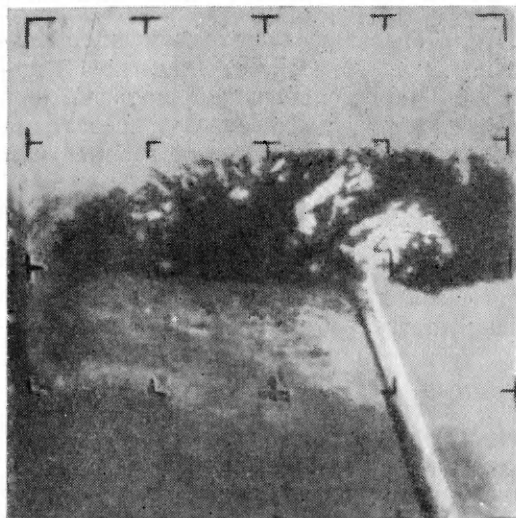
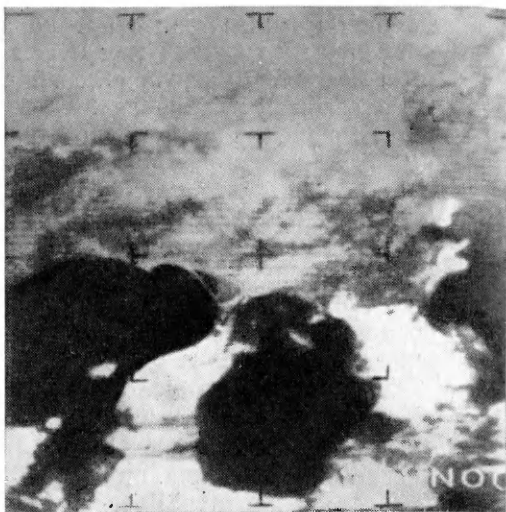
ничуть не означает. Больше того, это также стало сферой науки. Проблема межпланетных цивилизаций вполне серьезно обсуждается на специальных совещаниях. Такое совещание состоялось у нас в стране в 1964 г. и спустя два года — в США. Разрабатываются проекты обнаружения других цивилизаций, возможных контактов с ними. И хотя тщательные наблюдения до сих пор не дали результатов, всякий раз, когда астрономы открывают какой-то новый необычный объект во Вселенной, прежде всего высказывается предположение о его искусственном происхождении. Так было, например, недавно с пульсарами, испус-

кающими излучение с удивительно правильными колебаниями, которое некоторые ученые приняли за сигналы, посылаемые другими цивилизациями.

Жажда встретить разумные существа за пределами Земли, убедиться в том, что Космос обитаем, по-прежнему жива в человеке.

Вместе с тем эволюция самой космонавтики такова, что мы обретаем все большее право говорить об обитаемости ближнего Космоса. Правда, его «обитатели» не пришельцы с других планет, а посланцы нашей Земли.

В. Г. Фесенков,
академик



Четыре снимка участков земной поверхности с американских спутников «Нimbus-1» и «Тирос-2»

слева вверху — Центральная Франция, Париж (неразличим), *слева внизу* — северное побережье Марокко, *справа вверху* — облака над проливом Девиса, *справа внизу* — часть канадской провинции Онтарио. Только на этом снимке видны следы земной цивилизации — прямоугольная сетка просек в лесу, выделяющаяся благодаря свежевypавшему снегу

шарие Земли, едва сможет заметить крошечную искорку света, примерно 16-звездной величины. В действительности же, благодаря рассеиванию солнечного света освещенным полушарием Земли, марсианский астроном в лучшем случае уловит лишь слабый сигнал на границе восприятия. Другим фактором, могущим сделать наши крупнейшие города невидимыми, является смог. По-видимому, каждый раз, когда город становится достаточно большим, чтобы его ночное освещение было заметно с Марса, образующийся над ним слой загрязненного воздуха даже ночью делает его невидимым. Американский космонавт Скотт Карпентер мог наблюдать горные тропы и дым из труб, пролетая над Тибетом, но когда он был над Южной Калифорнией, то не мог обнаружить никакого признака Лос-Анджелеса.

Ядерные взрывы, к сожалению иногда происходящие на Земле, могут наблюдаться с Марса как краткие, яркие вспышки. Но поскольку испытания ядерного оружия происходят редко, а вспышки от них видны лишь на краткий миг, маловероятно, чтобы такие взрывы были обнаружены с Марса. Если там принята специальная программа синоптических наблюдений Земли, то, может быть, ядерные взрывы действительно улавливаются. Однако трудно поверить, чтобы цивилизованный марсианский астроном смог сделать из этих коротких вспышек вывод о существовании жизни — не говоря уже о разуме — на Земле. Ведь даже мы, жители Земли, едва ли можем считать эти варварские опыты, могущие привести к уничтожению жизни в нашем прекрасном мире, доказательством разума!

С помощью оптического телескопа марсианский астроном может обнаружить на больших площадях поверхности Земли сезонные изменения. Крупные сезонные изменения цвета и яркости происходят в лиственных лесах и в районах обширных плантаций, например, на Украине и на Среднем Западе США. Однако для таких наблюдений можно придумать всевозможные объяснения. Может быть, на Земле есть области с кристаллами, цвет которых зависит от температуры или темный оттенок — от влажности. Или, может быть, эти изменения обусловлены каким-то видом жизни на Земле. Но едва ли вероятно, чтобы марсианский астроном сделал положительное заключение о связи сезонных изменений с жизнью.

Если Земля наблюдается регулярно на протяжении нескольких десятилетий, то на ней удастся заметить крупные изменения — например, систематическое истребление лесов. Но может ли марсианский астроном сделать из этих наблюдений окончательные выводы? Подобные же крупные и систематические «вековые» изменения мы наблюдаем на поверхности Марса. Сами по себе эти изменения интересны, но их, конечно, нельзя считать неоспоримым доказательством существования жизни. Много таких изменений наблюдалось и на Луне (хотя и в меньшем масштабе), но поверхность Луны почти наверное лишена жизни.

В марсианских обсерваториях можно было бы проводить подробные спектроскопические исследования Земли — например, в поисках жизни исследовать спектры в инфракрасном свете, в которых происходит поглощение органическим веществом на поверхности планеты. Но, к сожа-

лению, чтобы обнаружить полосы поглощения с длиной волны 3,5 мк и больше, их нужно наблюдать в отраженном свете. Свет с длиной волны больше 3,5 мк, попадающий с Земли на Марс,— это главным образом инфракрасное излучение Земли, а не отраженный от нее солнечный свет. Марсианскому астроному будет трудно найти спектроскопические признаки наличия органического вещества на поверхности Земли.

Можно попытаться обнаружить некоторые второстепенные компоненты атмосферы, имеющие органическое происхождение, например CH_4 и N_2O . Метан — сильно восстановленный газ и он должен непрерывно возникать в земной атмосфере, чтобы окисление не уменьшало общего его количества. В земной атмосфере метан вырабатывается прежде всего метановыми бактериями, превращающими органические соединения в CO_2 и CH_4 . Метановые бактерии живут в иле на дне прудов, где много органического материала, а условия анаэробны. Поэтому его часто называют болотным газом. Аналогичные бактерии живут в желудках коров и других жвачных. Таким образом, одним из главных источников метана в земной атмосфере являются кишечные газы жвачных. Поэтому если марсианский наблюдатель обнаружит в земной атмосфере метан, то это будет очень важное наблюдение, если только он будет знать, как истолковать его. Впрочем, маловероятно, чтобы он нашел правильное объяснение.

Что сказать о метане в атмосфере планет типа Юпитера? Советский астроном Г. А. Тихов предположил, что метан на Юпитере происходит из того же источника, что и на Земле, а потому на Юпитере должны существовать хотя бы бактерии, если не коровы. Так как мы видели, что метан входит в состав первичных планетных атмосфер, то предположение Тихова едва ли следует принимать всерьез. Нужно, однако, подчеркнуть, насколько трудно связать наличие какой-либо молекулы с биологической активностью.

Почти весь свободный кислород в земной атмосфере является продуктом фотосинтеза в растениях. Главный источник кислорода — не выс-

■ ЖИЗНЬ ВО ВСЕЛЕННОЙ И ЛУНА

Исследование лунных образцов важно не только для решения вопроса о происхождении естественного спутника нашей планеты. Первостепенное значение имеет оно и при решении главной задачи современной планетологии — выяснения вопроса о происхождении Солнечной системы. Очевидно, что, изучая образцы лунных пород в лаборатории, можно получить многие сведения, которые не получишь с помощью астрономических методов наблюдения. Это в первую очередь определение возраста исследуемых об-

разцов, оценка температур их образования, элементный и минералогический состав. Осуществление подобных экспериментов непосредственно на поверхности Луны представляется в настоящее время затруднительным в силу технических ограничений.

Значительный интерес представляет также проблема поиска и изучения органических соединений в лунных породах, тесно связанная с проблемой происхождения жизни в Солнечной системе.

Результаты астрономических наблюдений и исследование химического состава метеоритов свидетельствуют о том, что в различных районах Галактики происхо-

шие растения, а скорее морской планктон, наполняющий океаны. Земная кора недоокислена и, следовательно, способна вступать в дальнейшую химическую реакцию с атмосферным кислородом. Если бы кислород не вырабатывался непрерывно, вследствие биологической активности, то он исчез бы из атмосферы за сравнительно небольшое время. Если количество свободного кислорода в атмосфере планеты настолько мало, что он обнаруживается у самых пределов чувствительности приборов, то его присутствие можно объяснить абиогенными гипотезами. Но такой высокий уровень кислорода, как в атмосфере Земли, объясняется лишь энергичной биологической деятельностью. Однако и здесь можно сделать два примечания. Богатая кислородом атмосфера способна получиться в результате фотодиссоциации воды. Кроме того, сомнительно, чтобы разумный анаэробный организм, для которого кислород ядовит, захотел бы считать богатую кислородом атмосферу продуктом только биологической активности.

Если у марсианских астрономов есть приборы, позволяющие исследовать видимый спектр Земли при одной длине световой волны, то они могут наблюдать видимое заметное повышение количества таких газов, как неон, аргон, ртуть и натрий, в спектре ночного неба Земли. Припишут ли они это явление инструментальной ошибке, усовершенствованию осветительной техники на Земле или надвигающейся катастрофе — мы можем только догадываться.

Обычные спектроскопические измерения Земли обнаружат на ней наличие огромных — особенно сравнительно с марсианскими условиями — количеств кислорода и воды. Наши температуры покажутся марсианам чересчур высокими, и они не обнаружат ультрафиолетового излучения с поверхности. Вполне вероятно, что марсианские ученые, исходя из аналогий с Марсом, заключат, что убедительных доказательств жизни на Земле нет и что при столь неблагоприятных условиях дальнейшие поиски жизни на ней нужно оставить.

дит абиогенный — т. е. не связанный с жизнедеятельностью каких-либо организмов — синтез целого ряда органических соединений различной степени сложности. В межзвездном пространстве были обнаружены молекулы воды, метана, аммиака. Эти простые вещества содержат атомы кислорода, углерода, водорода и азота. В результате абиогенного синтеза на них могут образоваться некоторые биологически важные соединения. И действительно, в последнее время при помощи радиоастрономических методов на громадном расстоянии от Земли были обнаружены молекулы цианистого водорода и формальдегида, из которых при со-

ответствующих условиях могут быть построены достаточно сложные органические молекулы, например основания нуклеиновых кислот и аминокислот.

Не менее интересные данные получены при исследовании различных метеоритов — в особенности так называемых углистых хондритов. Из них удалось выделить углеводороды, сахара, жирные кислоты и аминокислоты. Можно с достаточной уверенностью сказать, что по крайней мере часть из этих веществ имеет внеземное происхождение, образовалась абиогенным путем, чему могли способствовать такие источники энергии, как, например, космические лучи, ультрафиоле-

Однако для обнаружения жизни на Земле есть еще один способ. Предположим, что марсианские обсерватории оборудованы современными радиотелескопами — инструментами, позволяющими измерять и записывать радиоизлучение различных небесных объектов. Марсианский астроном, как и его земной коллега, будет исследовать радиоизлучение планет. Он найдет, что Венера — это источник радиоизлучения, вероятно, потому, что поверхность у нее горячая, что таким же источником является и Юпитер, так как электроны в его магнитном поле испускают синхронное излучение, и т. д. Но если он направит свой радиотелескоп на Землю, то сделает поразительное открытие: на метровых длинах волн планета, в других отношениях ничем не выдающаяся, излучает почти такую же радиомощность, что и Солнце в период низкой активности! Планета — яркая, как звезда! В метровой полосе волн Земля излучает в миллион раз сильнее, чем Венера или Меркурий. Это открытие можно сделать на Марсе с помощью даже скромного радиотелескопа.

Дальнейшие исследования покажут, что различные области земной поверхности излучают неодинаково; будет найдено периодическое соотношение между радиоизлучением и вращением Земли вокруг оси. Например, когда к Марсу обращены Африка или Южная и Центральная Азия, то радиоизлучение резко падает; когда же к нему обращены Европа и Северная Америка, излучаемая мощность резко возрастает. Если такие наблюдения ведутся уже длительное время, то марсианский астроном может сделать и еще более поразительное открытие: сейчас радиоизлучение Земли в 10^6 раз мощнее, чем было несколько десятков лет назад. Марсианские ученые, вероятно, попытаются найти этому явлению «естественное» объяснение; такие попытки, в основном, останутся безуспешными. Умным марсианским астрономам придется заключить, что радиоизлучение нельзя объяснить действием сил природы, что оно может быть результатом только искусственных причин. Они сделают вывод, что на Земле существует разумная жизнь: открытие, поистине поразительное!

товое излучение, высокие температуры. Для понимания проблемы возникновения жизни в Солнечной системе исключительный интерес представляет вопрос о возможном абиогенном синтезе органических соединений на планетах и Луне. На Луне практически отсутствует атмосфера. Поэтому синтез может происходить здесь за счет взаимодействия солнечного ветра с неорганическими соединениями поверхностного слоя. Возможно также, что образование органических веществ связано с попаданием на Луну метеоритов. И тем не менее в поверхностном слое этого небесного тела трудно ожидать присутствия заметных постоян-

ных концентраций каких-либо органических соединений, на большинство которых разрушающе действуют большие перепады температуры на Луне, ультрафиолетовые и космические лучи, которые достигают ее поверхности. Кроме того, синтез их существенно затрудняет отсутствие воды. Поэтому можно предположить, что в поверхностном слое Луны окажутся лишь следы простейших углеводородов, например метана. Действительно, анализ образцов, доставленных американскими космонавтами, показал крайне низкое содержание в них углерода. Электробур станции «Луна-16» осуществил забор образцов породы до глубин

На Земле имеется несколько тысяч телерадиопередатчиков. Если учесть среднюю мощность каждого из них (около 20 квт), ширину полосы частот, на которой они работают, среднюю длительность работы каждого передатчика (скажем, по 6 часов в сутки) и тот факт, что волны любой длины при телерадиопередачах (от 1,5 до 6,0 м) проходят сквозь атмосферы Земли и Марса беспрепятственно, то мы можем вычислить мощность, передаваемую с Земли на Марс.

Радиоастрономы могут заинтересоваться тем, что так называемая яркостная температура Земли на длинах волн телевидения достигает нескольких сот миллионов градусов. Это в 100 раз больше радиояркостности Солнца на аналогичных длинах волн в период низкой активности солнечных пятен. Кроме телевизионных передатчиков, есть множество радиостанций и других установок, дающих мощное излучение в полосе ультравысоких частот.

Мы развили эту фантастическую версию о марсианской обсерватории, исследующей Землю, потому что так видны ее фактические трудности и потенциальные успехи дистанционных исследований планетарной биологии. Если гипотетические марсиане могут обнаружить признаки жизни на Земле только в области радиочастот, то мы не должны удивляться тому, что у нас еще нет ясного, неоспоримого, строгого доказательства жизни на Марсе. Поиски разумных радиопередач с Марса дают до сих пор лишь отрицательный результат. Радиоионизирование Марса — это лишь беспорядочный шум термического излучения.

На примере радиопередач с Земли мы впервые сталкиваемся с космическим аспектом биологической деятельности разумных существ. Развитие технической цивилизации на нашей планете резко изменило характер и мощность ее радиоионизирования. Земля стала резко отличаться от всех прочих планет Солнечной системы. Путем кропотливого исследования инопланетный астроном сможет, вероятно, убедиться, что сигналы имеют разумный смысл (несмотря на качество многих из телевизион-

ны 350 мм. И возможно, что исследование образцов, взятых с такой глубины, может дать качественно иные результаты.

Существует гипотеза о том, что абиогенный синтез органических молекул мог происходить на одной из ранних стадий образования Луны. Если она верна, то в глубинных слоях эти соединения могут сохраняться без изменения в течение миллиардов лет. Ведь очевидно, что условия здесь должны резко отличаться от условий на поверхности. Кроме того, возможны и отличия в химическом составе образцов, взятых с различных участков лунной поверхности.

Поскольку температура образования образцов лунных пород оценивается величиной порядка 1000° С, значительный интерес представляет исследование возможных газовых включений. Информация о них помогла бы правильно оценить пути образования Луны и определить уровень эволюции органического вещества.

Изучение свойств лунных пород, и в том числе исследование их на содержание органических соединений, принесет научную информацию, значение которой трудно переоценить.

Л. Мухин,

кандидат физико-математических наук

ных программ). Таким образом, одной из существенных черт разумной жизни является то, что рано или поздно ее деятельность приобретает космический характер.

Если мы не принимаем с Марса четкого, разумного радиоизлучения, то значит ли это само по себе, что там нет высокоразвитых форм жизни? Вообще говоря, не значит. Значительная часть излучения, связанного с телевизионными передачами, рассеивается в пространстве. Быть может, радиоизлучение с Марса оказывается недостаточно мощным, чтобы дойти до нас. Естественно предположить, что чем выше развитие технической цивилизации, тем экономичнее ее способы передачи энергии. Возможно, что радиоволны фокусируются в тонкие, дискретные лучи, и рассеяние энергии из источника сводится к минимуму. Таким образом, если марсианская цивилизация развита немного лучше нашей, то она могла разработать экономичные методы электромагнитной связи, не позволяющие подслушивания с Земли. Однако если марсианская цивилизация развита значительно выше, чем у нас, то удивительно, что мы не находим признаков ее существования. Впрочем, если они улавливали наши телепередачи, то этим, быть может, и объясняется их отсутствие!

Американский радиоастроном Френк Дрейк из университета Корнелл указывал, что до сих пор не проводилось никаких серьезных исследований радиоизлучения Марса в узких полосах частот. Марс наблюдался широкополосными приемниками, чтобы определить температуру под его поверхностью, но поиски разумных сигналов велись в лучшем случае неофициально и не систематически. С другой стороны, Дрейк утверждает, что надежды на успех у такой программы мало. Если марсиане обогнали нас только на 50 лет, то мы должны бы (со всеми приведенными выше оговорками) найти какие-нибудь другие признаки их существования. Если они на те же 50 лет отстали от нас, то радиопередач у них нет. Эти оценки основаны на земных аналогиях и предполагают, что почти непрерывное развитие нашей технической цивилизации за последнее время характерно для всех других цивилизаций. Конечно, мы не знаем наверное, так ли это; с другой стороны, это предположение — самое вероятное: ведь противоположных примеров у нас нет!

Так как и Марс, и Земля существуют примерно по $5 \cdot 10^9$ лет, то вероятность успешного поиска разумной радиопередачи с Марса составляет $50 : (5 \cdot 10^9) = 10^{-8}$, т. е. миллионную долю процента. Таким образом, не выделяя времени на подобные исследования Марса, руководители радиообсерваторий, быть может, поступают правильно. Но так как эти поиски интересны, то неудивительно, что наблюдатели тайком урывают минутки между программами наблюдений, чтобы пытливым, со смесью робости и надежды, поглядеть на далекий Марс.

То, что казалось несбыточным на протяжении веков, что вчера было лишь дерзновенной мечтой, сегодня становится реальной задачей, а завтра — свершением.

С. П. Королев

4

Шаги в Космос

4 октября 1957 г. на околоземную орбиту впервые был выведен искусственный спутник Земли. Значение этого подвига, совершенного советской наукой, мы, по-видимому, еще не в состоянии полностью осознать, так как наиболее важные его последствия откроются лишь в будущем.

Человечество вступило в новую, космическую эру. Отныне нет ни одной стороны человеческой деятельности, которая прямо или косвенно не «работала» бы на Космос. Стало очевидным, что космическая деятельность человечества рано или поздно приведет к космизации земной науки и земной техники.

Для познания вопросов, возникающих в связи с проблемой населенного Космоса, успехи космонавтики особенно важны. До начала космических полетов сведения о внеземной жизни могли быть получены (исключая лабораторные исследования метеоритов) лишь косвенным путем. Ныне прямые эксперименты на небесных телах стали реальностью. Изучение внеземной жизни, ее форм и характера рассматривается как одна из главных задач космической биологии. Космонавтика вселяет надежды на реальную возможность полного и всестороннего изучения всех аспектов столь сложной проблемы, как населенный Космос.

Космические корабли

К. П. ФЕОКТИСТОВ,
летчик-космонавт Советского Союза,
доктор технических наук

В этой статье я хочу осветить три вопроса: о близости задач создания космического корабля и искусственного «живого» существа, о космических кораблях будущего и о распределении обязанностей в управлении кораблем между автоматами и экипажем.

На наших глазах возникает новая область техники — техника космических кораблей. Начало этому было положено в конце 50-х годов созданием первого космического корабля «Восток», а затем кораблей «Меркурий», «Восход» и «Джемини». Сравнительно простые, а с точки зрения инженеров конца 60-х и начала 70-х годов, может быть, и просто примитивные, эти корабли уже несут в себе те основные особенности, которые характерны для будущих космических аппаратов.

Создание космического корабля — типичная комплексная проблема, сложная и многосторонняя. По постановке она близка к задаче создания некоего высокоорганизованного существа, предназначенного жить и действовать в весьма широком диапазоне условий среды и пространства. Конечно, можно было бы найти другие, более безобидные аналогии — вроде океанского корабля, воздушного лайнера и т. п., но так, мне кажется, проще пояснить трудности и многообразие задачи.

Каковы же характерные особенности живого существа?

— Получение и обработка информации, обмен информацией с другими существами и соответственно наличие органов для получения информации (глаза, уши, осязание, обоняние, вкус) и ее обработки (центральный и периферийный нервные системы).

— Возможность существования в широком диапазоне условий среды с одновременным поддержанием внутри организма весьма стабильных условий, необходимых для надежного функционирования организма, и соответственно наличие органов, обеспечивающих стабильные условия внутри организма (органы регулирования теплообмена через кожу, кровообращение и т. д.).

— Возможность ориентации и передвижения в пространстве и соответственно наличие органов контроля ориентации (глаза, вестибулярный аппарат и т. д.) и передвижения (ноги, крылья и т. д.)

— Питание, т. е. возможность восполнения энергетических затрат.

— Наличие некоторого избытка, резерва сил на случай непредвиденных обстоятельств, возможность бороться с болезнями и восстанавливать здоровье даже после существенных травм и заболеваний, наличие резерва сил, который проявляется часто в играх и в другой деятельности, не направленной на достижение примитивных материальных целей.

— Автоматическая координация и синхронизация работы внутренних органов.

Характерные особенности космического корабля:

— Получение и обработка информации об окружающем пространстве, о своем положении в пространстве (координаты угловые и линейные), о параметрах движения. Возможность сбора «новой» информации и соответственно наличие «органов» для ее получения (измерительные средства, оптические, гироскопические, радиоприборы для научных исследований и т. д.) и обработки информации (счетно-решающие устройства, бортовые вычислительные машины и, наконец, экипаж).

— Полет в широком диапазоне условий (перегрузки и вибрации при подъеме с Земли и при спуске на Землю, высокая температура при спуске, вакуум в орбитальном полете, поток световой энергии от Солнца и отсутствие его в тени планеты, радиация, метеориты и т. д.) и соответственно средства для поддержания стабильных условий внутри корабля — температуры, давления, газового состава, необходимых для обеспечения жизни экипажа и для работы бортовой аппаратуры (герметичность отсеков, тепловая защита, средства поддержания теплового режима и газового состава в кабине и т. д.).

— Наличие маневренности, необходимой для изменения направления и характера движения, и соответственно наличие средств угловой ориентации корабля в пространстве (оптические, гироскопические, радио- и другие средства со счетно-решающими устройствами и системами управляющих органов — микрореактивных двигателей, маховиков и т. д.) и средств изменения количества движения корабля (корректирующие двигательные установки, ракетные ступени, электрореактивные двигатели в межпланетных экспедиционных кораблях).

— Питание, водоснабжение и обеспечение кислородом экипажа, а также энергопитанием бортовой аппаратуры и соответственно наличие на борту либо запасов питания, либо средств, позволяющих получать энергию и обеспечить регенерацию частично или полностью потребляемых экипажем запасов.

— Наличие запасов прочности конструкции, дублирование аппаратуры, систем и отдельных элементов, наличие запасов энергии превышающих минимально необходимые для достижения поставленных целей, регулярное выполнение всякого рода тестовых операций с целью проверки работоспособности систем и агрегатов корабля и корабельного комплекса в целом.

— Координация и управление работой бортовых систем, регулирование ритма их работы в различных режимах полета и в различных обстоятельствах — при изменении условий полета.

Эти параллели можно было бы продолжить, но уже перечисленных достаточно для наших целей.

Приведенные здесь аналогии сразу позволяют представить сумму проблем, которые необходимо разрешить, и даже контуры общего решения. Однако кроме общих для всякого космического корабля требований нужно ясно осознать и четко сформулировать цель, которую мы преследуем, решая данную задачу.

Со временем цели создания космических кораблей будут меняться, и соответственно будут меняться технические средства, привлекаемые для создания корабля.

Первые космические корабли («Восток», «Меркурий») преследовали очень узкую и четкую цель — обеспечить возможность осуществления полетов человека в Космос по орбите спутника Земли и провести исследования влияния условий полета на организм человека. Такая формулировка задачи и сводила ее решение к нескольким узловым проблемам:

- выведение на орбиту спутника Земли аппарата с человеком (проблема создания достаточно мощной и надежной ракеты-носителя);

- спуск космического корабля с орбиты на Землю и приземление (главное, защита от воздействия тепловых потоков при спуске в атмосфере);

- обеспечение контроля и возможности управления полетом корабля с Земли, так как перед первым полетом еще нельзя было с уверенностью утверждать, что человек в условиях невесомости сможет управлять полетом корабля самостоятельно;

- ориентация корабля в пространстве и сообщение ему корректирующего (тормозного) импульса количества движения, необходимого для перевода космического корабля с орбиты спутника Земли на траекторию снижения, проходящую в плотных слоях атмосферы;

- обеспечение условий существования космонавта на борту корабля и условий работы бортовой аппаратуры (правда, в течение ограниченного отрезка времени — порядка нескольких суток);

- энергопитание бортовой аппаратуры.

Первая проблема решалась использованием мощной многоступенчатой ракеты.

Проблема защиты кабины корабля от воздействия больших тепловых потоков при спуске была решена с помощью специального теплозащитного материала, которым покрывают поверхность кабины.

Для контроля траектории полета, работы бортовых систем и для управления с Земли были использованы радиосредства, разработанные на базе имеющихся в то время радиосредств измерений параметров движения, телеметрии и управления.

Для ориентации корабля «Восток» был использован принципиально очень простой метод ориентации одной из осей корабля на Солнце с помощью оптического датчика поиска Солнца. Для выдачи корректирующего (тормозного) импульса была использована жидкостная реактивная двигательная установка.

Для поддержания стабильных температурных условий в отсеках корабля «Восток» была создана система терморегулирования. Тепловое равновесие между выделяемой внутри корабля энергией (за счет жизнедеятельности космонавта и работы бортовой аппаратуры) и теплообменом с окружающим пространством поддерживалось при помощи радиационного радиатора с жалюзи, открывая и закрывая которые, можно было регулировать количество энергии, излучаемое в пространство.

Из кабины корабля на радиационный радиатор тепло передавалось с помощью жидкости, циркулирующей в замкнутом контуре. Темпера-

Два старта космических кораблей,
запечатленные на одном кадре с
интервалом в 11 дней

справа — «Джемини-7»,
слева — «Джемини-6»



тура в кабине корабля стабилизировалась регулированием теплообмена в газожидкостном теплообменнике, установленном в кабине и включенном в контур циркулирующей охлаждающей жидкости. Поддержание газового состава в кабине корабля осуществляла регенерационная установка, поглощавшая влагу, углекислый газ, вредные газовые примеси и выделявшая кислород.

Для энергопитания бортовой аппаратуры использовались химические батареи.

Решения этих основных проблем, найденные при создании первого космического корабля, были достаточно просты. Однако по мере усложнения будущих кораблей эти решения придется пересматривать и находить новые — более эффективные. К тому же по мере изменения целей космических кораблей к этим проблемам будут прибавляться новые.

Так, при создании кораблей «Аполлон», предназначенных для высадки экспедиции на Луну, возникает ряд новых проблем:

— Выведение на орбиту спутника Земли космического корабля весом, в десятки раз превышающим вес первых космических кораблей. Это необходимо для обеспечения топливом ракетных ступеней, используемых для разгона корабля к Луне, торможения при посадке на Луну и для разгона к Земле.

— Обеспечение точного управления траекторией движения корабля (чтобы проиллюстрировать эту проблему, достаточно назвать одну цифру — при возвращении на Землю корабль должен попасть в «коридор» по высоте условного перигея шириной 10—20 км) и сложное маневрирование корабля у Луны. Оптимальной с точки зрения энергетики является следующая классическая схема высадки экспедиции на планету: переход корабля на орбиту спутника, отделение от корабля и спуск на планету специальной кабины с экипажем, подъем ее обратно на орбиту, сближение и стыковка ее с кораблем, переход экипажа в корабль и старт корабля к Земле.

■ ДЛЯ БУДУЩИХ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ

В лабораториях проведены и проводятся разнообразные эксперименты с участием человека. Эти эксперименты в известной степени имитируют условия в кабине космического корабля. Для испытания были отобраны молодые люди с хорошим здоровьем. Во время экспериментов они находились в герметической камере от 10 до 120 суток. При проведении экспериментов на людей в камере влияла в различных сочетаниях ионизирующая радиация в малых дозах, в отдельных испытаниях повышалась температура, со-

здавались шумовые эффекты, изучалось воздействие и ряда других факторов.

Если в обычных условиях организм человека зависит от окружающей среды, то в герметично замкнутом помещении отчетливо выступает и обратная зависимость — среда изменяется в результате жизнедеятельности организма. Причем, изменения среды могут быть и неблагоприятными. Во время испытаний было установлено, что кожа несколько снижает свои защитные свойства против бактерий. Поэтому на коже заметно увеличивается количество микроорганизмов, больше микробов становится и в воздухе. Так, во время одного из испытаний через 28

— Возвращение корабля в атмосферу Земли со второй космической скоростью (примерно 13,5 км/сек вместо 7,5 км/сек при спуске с не высокой орбиты спутника Земли). Это означает, что тепловые потоки воздействующие на корабль при его движении в атмосфере, возрастают в 2—3 раза по сравнению с тепловыми потоками, воздействующими на корабль при спуске его с орбиты спутника Земли.

Круг проблем существенно расширится, если мы попытаемся представить себе космические корабли, предназначенные для осуществления экспедиции, например, на Марс:

— Выведение на орбиту спутника Земли корабля весом во много сотен тонн (или сборка его на орбите спутника Земли из отдельных блоков меньшего веса, выводимых на орбиту один за другим).

— Эта проблема тесно связана с проблемой энергетики: для разгона к Марсу, торможения у Марса и для возвращения к Земле необходимо сообщить кораблю на различных участках полета приращения скорости составляющие в сумме 15÷25 км/сек (в зависимости от схемы полета по сравнению с 9 км/сек при выведении корабля на орбиту спутника Земли).

— Длительность полета — здесь надо учитывать время полета к Марсу, время возвращения к Земле и время ожидания на орбите спутника Марса (или на поверхности планеты) благоприятного положения Марса и Земли относительно друг друга для возвращения корабля к Земле (это время может составлять около 1,5 года) — можно оценить приблизительно в 3 года. При таком сроке экспедиции качественно изменяются проблемы питания и обеспечения экипажа корабля водой и кислородом энергопитания бортовых систем, резко усложняется проблема ресурсов и надежности бортовых систем и всего комплекса корабля в целом.

Оптимальной с точки зрения энергетики схемой полета на Марс, такой же как и на Луну, является схема с выходом корабля на орбиту спутника Марса и посадка на Марс только специальной кабины корабля

суток количество микробов в воздухе увеличилось в несколько раз.

Во время испытаний в организме человека возникали определенные изменения. Особенно отчетливо это было видно при экспериментах, длившихся 60 и 120 суток.

В начальный период испытаний в коре головного мозга усиливался тормозной процесс. У человека понижались световая чувствительность глаз, скорость двигательных реакций. «Коэффициент полезного действия» также снижался. В это же время (первые 10—13 дней) наступали некоторые изменения в работе сердца, нарушался ночной сон. Однако в по-

следующие дни организм приспосабливался к условиям новой среды и его функции постепенно восстанавливались. После выхода из камеры в организм вновь возникали изменения.

Четырехмесячные испытания показали, что дополнительная очистка воздуха от бактерий и вредных химических примесей, ультрафиолетовое облучение кожи людей, проходящих испытания, введение в пищу большего количества витаминов, применение специального комплекса физических упражнений и некоторых медикаментов значительно уменьшали изменения в организме после выхода из камеры.

создание средств передвижения по планете, обеспечивающих возможность ее обследования.

Решения, использованные при создании кораблей «Восток», останутся классическим примером простоты и соответствия уровню техники, служившей базой для появления первых космических кораблей. Но сами эти решения едва ли сохранятся как типовые в будущем — дальнейшее развитие техники космических кораблей, накопление опыта, прогресс в других областях науки и техники позволят найти более оптимальные и более надежные решения. Возможности здесь велики. Приведем некоторые примеры.

Возвращение на Землю. Здесь прогресс развивается в направлении создания аппаратов для управляемого (а не баллистического) спуска с использованием аэродинамической подъемной силы. Речь идет о том, чтобы существенно снизить перегрузки при спуске и обеспечить точное приземление в определенные, отведенные для посадки космических кораблей районы.

Энергопитание. Снижение весовых характеристик, увеличение ресурсов работы, увеличение мощности — таковы главные задачи развития в этой области. Помимо систем энергопитания с использованием солнечных батарей, топливных элементов, изотопных термогенераторов, в будущем, по-видимому, будут использоваться ядерные термогенераторы и более сложные ядерные энергетические установки.

Контроль траектории движения. Здесь следует ожидать развития автономных корабельных средств измерения и обработки, использующих для измерения оптические, телевизионные и радиосредства (в качестве опорных тел — звезды и планеты) и для обработки — бортовые электронные вычислительные машины.

Обеспечение теплового режима. В данном случае задача заключается в уменьшении диапазона колебаний температуры в отсеках корабля. Это позволит применить в аппаратуре более сложные, легкие и компактные элементы и повысить надежность их работы (здесь уместно вспомнить, что, например, у здорового человека температура тела поддерживается с точностью до десятых долей градуса).

Для обеспечения теплового режима могут быть использованы жидкостные контуры, выравнивающие поля температур по оболочкам и другим элементам конструкции кораблей, регулирующие оптические коэффициенты радиационных поверхностей и радиаторов, входящих в «горячие» и «холодные» контуры систем терморегулирования.

Обеспечение жизнедеятельности экипажей. Особенно острой эта проблема является для длительных полетов. Если при осуществлении экспедиции на Марс пытаться решать эту проблему за счет запасов пищи, воды и кислорода, то для экспедиции из 10 человек потребовалось бы взять с собой запасы общим весом около 70 т (это без учета возможной задержки экспедиции).

Пути решения этих проблем — в регенерации, восстановлении используемых запасов. Сравнительно простой является задача регенерации воды — она по силам нынешнему уровню современной техники. Более сложной, но также вполне разрешимой является задача регенерации кис-



Юрий Гагарин вернулся из Космоса

лорода — здесь реальным может оказаться путь биологической регенерации (например, за счет использования простейших водорослей).

Вопрос пищи можно решить, обезвоживая ее (при одновременном использовании регенерации воды).

Более радикальным путем обеспечения жизнедеятельности экипажа в дальних полетах явится, по-видимому, создание на борту замкнутого экологического цикла, обеспечивающего в процессе полета круговорот веществ, т. е. практически полную регенерацию пищи, воды и кислорода.

Проблема выведения на траекторию полета, или более общая проблема энергетики движения космических кораблей. Сейчас различают космический корабль и ракету-носитель. Но почему? Ведь корабль начинает свой полет с момента старта, с момента отрыва от Земли, и на этом участке система «ракета—корабль» — единое целое. Может быть, дело в энергетических расходах на различных участках полета? Но ведь уже для космического корабля лунной экспедиции, стартующего с орбиты спутника Земли, суммарное приращение скорости на всех участках полета должно быть примерно равным суммарной скорости, сообщаемой кораблю при выведении его на орбиту спутника Земли, а для марсианского корабля — даже существенно больше.

Различие этих понятий объясняется уровнем развития ракетной и космической техники. Современные космические комплексы существенно изменяются за время своего полета от старта с Земли до возвращения: на участке выведения на орбиту спутника Земли последовательно отделяются ступени ракеты-носителя, а затем и корабль отделяется от последней отработавшей ракетной ступени. При возвращении на Землю перед входом в атмосферу уже сам космический корабль разделяется на две или более частей, из которых только одна кабина (или, как ее иначе называют, спускаемый аппарат) с экипажем достигает поверхности Земли, сбрасывая перед приземлением еще ряд элементов конструкции. Таким образом, если от поверхности Земли отрывается система весом 100 т, то возвращается спускаемый аппарат весом около 1 т. 1:100 — это соотношение наиболее ярко показывает, насколько сильно изменяется система от взлета до возвращения. А ведь для лунных и марсианских кораблей при использовании химических ракет эти соотношения могут вырасти до 1 : 1000 и даже до 1 : 10 000.

Хорошо ли это? Напрашивается аналогия со сложными необратимыми переходами, которые претерпевают в течение жизни некоторые представители животного мира: летающее насекомое, яйцо, гусеница, куколка и т. д. Во время таких переходов резко понижается безопасность существования этих существ, что вполне естественно. Интересно отметить, что в живой природе эти формы жизни со сложными переходами не завоевали доминирующего положения: очевидно, они оказались менее приспособленными, чем другие живые существа, не так скачкообразно изменяющиеся во время своей жизни.

Надо сказать, что и в современных космических системах такие переходы не всегда надежны, что объясняется сложностью, нестационарностью и необратимостью процессов, идущих во время этих переходов. Если построить по времени полета вероятность «неприятностей», то в ме-

стах переходов мы обнаружим пики. А главное — необратимость, невозможность повторения наиболее сложных процессов.

Эти соображения наводят на мысль: нельзя ли представить себе корабль, способный стартовать непосредственно с Земли, выходить в космический полет, осуществлять посадку на другие планеты и возвращаться на Землю без сброса по пути большей части своей конструкции, способный проделывать это не раз (ну, может быть, с соответствующей заправкой и после проведения необходимой «профилактики»)? Это позволило бы сделать корабль более надежным, проверить его перед «дальними» полетами в испытательных.

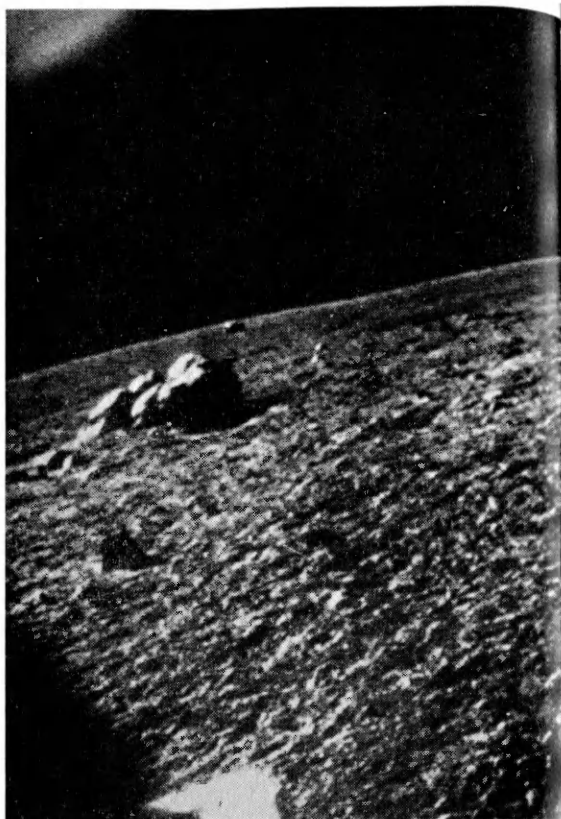
Здесь возможны два пути развития, и, по-видимому, оба они будут опробованы.

Первый путь — создание орбитальных кораблей, предназначенных для полетов по орбитам спутников планет и перелетов между этими орбитами. Такие корабли должны быть снабжены электрореактивными двигателями (плазменными или ионными) с очень высокими удельными параметрами — с удельной тягой (отношением тяги двигателя к расходу рабочего тела в секунду) порядка 10 000—15 000 единиц. В качестве источника энергии такие двигатели, по-видимому, будут использовать ядерные реакторы, хотя мыслимо и использование солнечных термогенераторов с огромными поверхностями.

К сожалению, у электрореактивных двигателей очень небольшие тяги — порядка килограммов или десятка килограммов, и поэтому они могут использоваться только при движении на орбитах. Характерной особенностью полета таких кораблей будут очень протяженные участки работы двигателей. Например, время работы электрореактивного двигателя при разгоне корабля с орбиты спутника Земли к Марсу или Венере будет исчисляться неделями. Поэтому едва ли не главной проблемой создания таких двигателей является ресурс их работы. Орбитальные корабли с электрореактивными двигателями практически не будут изменяться в полете. При развитии техники космических кораблей по этому пути для доставки экипажа с Земли на такой орбитальный корабль и для возвращения на Землю можно будет использовать космические корабли того типа, которые создаются в настоящее время.

Второй путь развития — создание космических кораблей, слабо изменяющихся за время полета — от старта с Земли до возвращения. Такие корабли могут быть созданы на базе газовых ядерных реакторов при условии разработки ядернореактивных двигателей, использующих на участках полета, где требуются высокие тяги (взлет с поверхности планеты), всю мощность бортовых реакторов и водород в качестве рабочего тела. Удельные тяги таких двигателей должны быть порядка 3000 единиц. Для движения между орбитами спутников планет на таких кораблях можно использовать электрореактивные двигатели как более эффективные. Может быть, однако, окажется целесообразным и для движения между планетами использовать высокие тяги, если удастся создать двигатели с более высокими удельными параметрами (это позволит сократить время межпланетных перелетов).

Фрагмент панорамы лунной поверхности, впервые полученный с помощью автоматической станции «Луна-9»

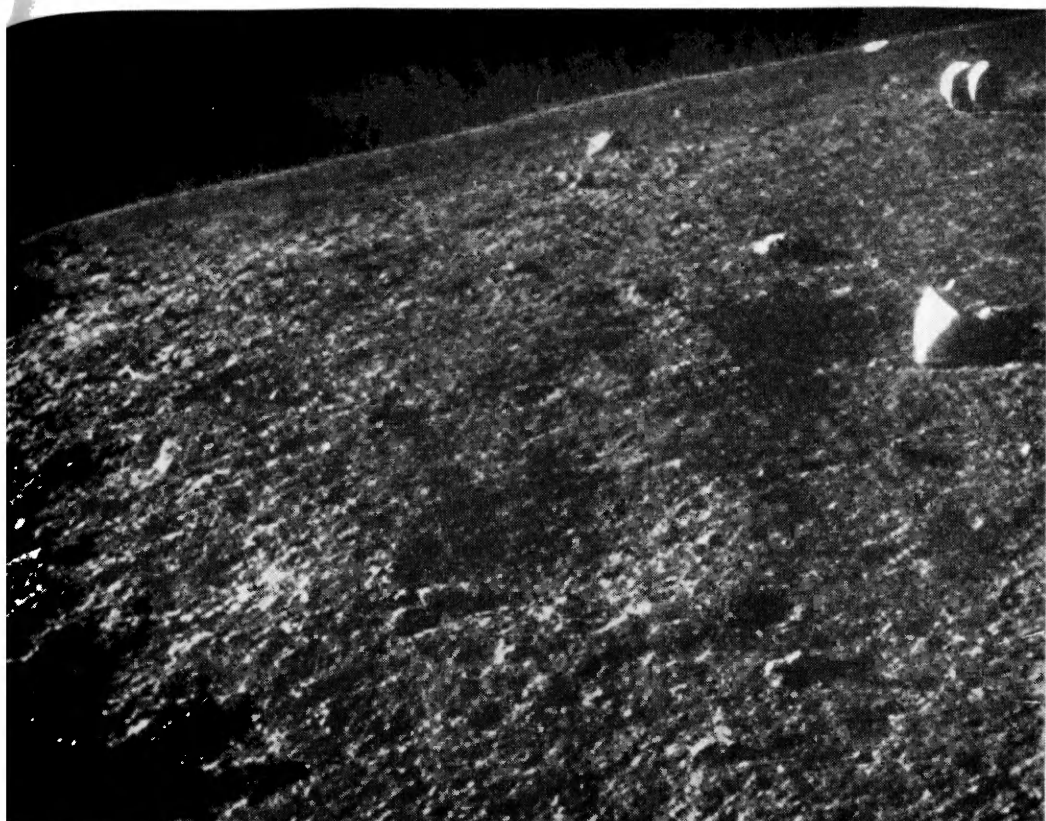


Общая проблема управления. Выше мы говорили об основных функциях управления на космическом корабле.

Уже в настоящее время созданы средства, почти полностью автоматизирующие процессы контроля и управления на кораблях (иначе нельзя было бы посылать автоматические межпланетные станции к Марсу и Венере, нельзя было бы испытывать первые космические корабли в беспилотных полетах). Правда, следует отметить, что серьезный анализ состояния корабля и его систем производится специалистами пока только на земле на основе радиотелеметрических измерений. Не вызывает сомнения возможность полной и достаточно надежной автоматизации всех процессов управления на космическом корабле, включая и вопросы контроля и анализа состояния корабля и его систем.

Но тогда какова роль человека в управлении кораблем? Чтобы ответить на этот вопрос, рассмотрим одну из характерных функций управления — управление ориентацией корабля с участием пилота.

Управление ориентацией корабля осуществляется совместной работой следующих звеньев: чувствительных элементов, определяющих угловое



положение корабля в пространстве (например, оптические датчики, пре-
вращающие измеренное отклонение в электрический сигнал); чувстви-
тельных элементов, определяющих угловую скорость корабля, выдающих
результат опять же в виде электрического сигнала; индикаторных
устройств — приборов, показывающих пилоту величину измеренных сиг-
налов; ручек управления, преобразующих движения рук пилота в электри-
ческие сигналы; усилительных счетно-преобразующих устройств, обес-
печивающих преобразование электрических сигналов с ручек управления
в силовые движения управляющих органов; управляющих органов (на-
пример, микрореактивных двигателей).

Выходит, что человек в этой последовательности рабочих звень-
ев выполняет, в сущности, очень примитивную роль счетно-решающего
звена, отрабатывающего полученную информацию в управляющий сигнал.
И это действительно так.

Может быть, человек может заменить и другие элементы? Как пра-
вило — нет. Требования к точности управления космическим кораблем
настолько высоки, что управление «на глазок» возможно только в не-

которых простейших случаях. Конечно, это не значит, что контур управления не может или не должен включать человека. Но управление никак не может быть главной задачей человека на борту — его успешно заменит довольно простое счетно-решающее устройство.

Можно рассмотреть вопрос и о другой важной функции управления — о контроле и анализе состояния и работы бортовой аппаратуры и систем. Прежде чем пытаться утверждать, что именно эта функция и есть задача экипажа, надо вспомнить о том, что над расшифровкой телеметрических данных, передаваемых с борта корабля во время его полета на Землю, работают десятки специалистов. Конечно, на космических кораблях будущего процесс обработки информации о состоянии корабля и его систем должен осуществляться на борту. Но неужели людьми? Ведь тогда даже на кораблях с многочисленным экипажем большая часть его времени и энергии будет уходить на осмысливание этой информации (напряжения, питание, правильность функционирования по результату и по времени срабатывания многочисленных приборов и агрегатов, регулирование всякого рода динамических процессов — газового состава, теплового режима отсеков и отдельных поверхностей и агрегатов корабля, мощности, отдаваемой в сеть корабля, ориентации корабля и т. д.). Ясно, что надежность правильного осмысливания состояния корабля экипажем повысится, если экипаж будет освобожден от примитивных, но зато весьма многочисленных функций по первичной обработке информации, которые с успехом могут выполнять простейшие аналоговые автоматы и электронные вычислительные и анализирующие машины.

Отсюда представляется логичным следующее распределение обязанностей по управлению.

Автоматы — измерение, регулирование динамических процессов и ритма работы, первичный и обобщающий контроль состояния корабля и его систем и выдача экипажу обработанной информации в общем виде; например, «все хорошо» или «все хорошо, кроме...»; контроль состояния отдельных систем с оценкой «хорошо» — «плохо»; состояние параметров и функционирования отдельных систем (по требованию экипажа); рекомендации по дальнейшим действиям экипажа; прогноз работы и состояние систем и т. д.

Экипаж — выбор и принятие решений о дальнейшем ходе работ, полете, о необходимых профилактических мероприятиях и т. п. — одним словом, за экипажем должно остаться «право выбора». Конечно, экипаж в случае необходимости должен иметь возможность получения первичной информации. Но ее обработка — не регулярная функция, а дело исключительное.

Больших задач по управлению на экипаж возлагать не следует, иначе ни на что другое у него не хватит времени. Ведь в таком случае управление кораблем превратится в самоцель.

Получение новой информации, обработка ее и на основе этой обработки опять получение новой информации — вот главная задача экипажей космических кораблей.

Жизнь в Космосе

Н. М. СИСАКЯН,
академик

В истории научно-технических завоеваний человечества изучение космического пространства занимает особое место. Пожалуй, трудно найти такое открытие, которое имело бы столь глубокие научные и общественно-политические последствия и привело бы к таким перспективам для познания природных явлений, как открытие космической эры успешным запуском в Советском Союзе первого искусственного спутника Земли.

Научные данные, накопленные в результате полетов спутников, космических ракет, космических кораблей, межпланетных автоматических станций, составляют величайшую ценность для мировой науки. Научные инструменты, установленные на спутниках, ракетах и автоматических станциях, принесли недоступные в течение веков данные о свойствах далекого космического пространства.

Много нового узнали мы за последние годы о Луне, о свойствах и составе электрически заряженных частиц, интенсивности магнитного поля, о поясах радиации, окружающих Землю, о планетах Венере и Марсе и других физических факторах космического пространства.

Характерная особенность науки XX в. в том, что наиболее крупные и значительные достижения являются плодом труда больших научных коллективов, результатом вдумчивого и целенаправленного планирования и организации исследований в самых широких масштабах.

Решение поистине грандиозной задачи — изучения и освоения Космоса — продемонстрировало всему миру исключительно высокий уровень развития отечественной науки и техники, пользующейся постоянным вниманием и заботой нашей партии, правительства, всего советского народа. В этом ярко выявились явные преимущества социалистического общественного строя перед капиталистическим для невероятно быстрого прогресса науки и техники во имя блага человечества.

Что дает завоевание Космоса человечеству, его будущим поколениям?

Все проблемы astronautики, перспективы ее развития увлекательны и необъятны. Но мне близки биологические науки, и поэтому я останавлиюсь на биологических проблемах освоения космического пространства.

Вселенная! Это слово полно огромного значения. Бесконечное множество миров, связанных едиными законами движения. Материя в своем постепенном развитии идет различными путями. Жизнь, возникшая на нашей планете, — лишь одна из форм ее движения. Около миллиона лет назад появился человек, трудом и разумом которого со временем преобразился лик Земли. И вот сейчас человек — гражданин Земли — становится гражданином Вселенной. Что дали и могут дать достижения

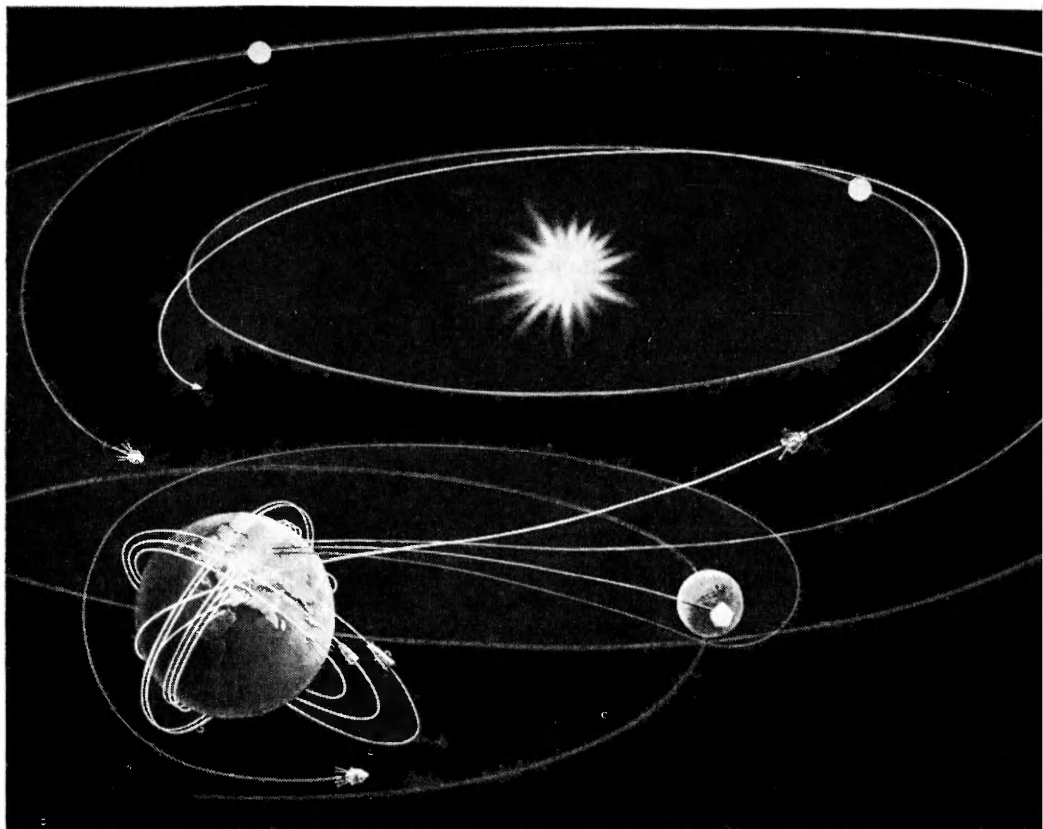
космонавтики для перспективы внеатмосферной жизни человека и что, с моей точки зрения, не менее важно для еще более широкого изучения сущности жизни, основных законов ее эволюции во Вселенной?

Вселенная и жизнь! Эти понятия связаны столь тесно, что невольно приходит мысль: не случаен, быть может, интерес к биологическим проблемам у ученых, прославившихся как исследователи Вселенной. Коперник окончил медицинский факультет и занимался врачебной деятельностью, медицинское образование получил Галилей, биологическими проблемами интересовался Ломоносов. И с первых шагов космонавтика тесно связана с биологией. Хорошо известно, как много внимания уделяли проблемам жизни в Космосе К. Э. Циолковский и Ф. А. Цандер. Знаменательно, что менее чем через месяц после запуска первого искусственного спутника Земли (4 октября 1957 г.) был осуществлен первый космический биологический эксперимент с собакой Лайкой на втором искусственном спутнике Земли (3 ноября 1957 г.).

Совершенно очевидно, что человек не смог бы подняться в Космос без развития космической биологии и медицины, которая впитала в себя все наиболее существенные достижения современного естествознания: физиологии, биохимии, радиобиологии, авиационной медицины, радиоэлектроники и многих других областей знания. С другой стороны, развитие космонавтики дало новый мощный стимул для прогресса самой биологии и привело к внедрению в биологию новых принципов, идей и методов. Проникновение человека в космическое пространство поставило перед космической биологией ряд совершенно новых и сложных проблем, связанных с полетом и пребыванием человека и живых организмов в особых условиях Космоса, которые резко отличаются от привычных для нас условий Земли.

В этой связи мне хотелось бы коротко напомнить о результатах биологических исследований, предшествовавших полету человека в Космос, и основных этапах полетов советских космонавтов. Эти исследования дали много ценных фактов о поведении организмов в космическом пространстве, о влиянии факторов космической среды на физиологические функции и наследственные свойства различных организмов. До полета человека были проведены исследования более чем на 15 видах животных и растений. В отборе животных был применен широкий эволюционный принцип, который сочетался с подбором живых организмов с целью биологической индикации влияния различных факторов полета и в первую очередь ионизирующих излучений. Полученные результаты позволили разработать научные принципы тренировки и подготовки космонавтов, комплекс средств, обеспечивающих условия для нормальной жизнедеятельности, полноценного труда, отдыха и безопасности космических полетов.

Таким образом, накопленные к весне 1961 г. научные данные и успешное выполнение программы биологических экспериментов на космических кораблях-спутниках позволили прийти к выводу о возможности полета человека по орбите, приближенной к круговой и расположенной изведомо ниже околоземных радиационных поясов. Космический полет Ория Алексеевича Гагарина 12 апреля 1961 г., положивший начало про-



С запуском первых советских искусственных спутников Земли начались непосредственные исследования тел Солнечной системы с помощью космических летательных аппаратов

пикновению человека в Космос, показал принципиальную и практическую возможность обеспечения жизнедеятельности и полноценной работоспособности космонавта, его активной деятельности по управлению кораблем и исследованию космического пространства.

Последующие полеты наших космонавтов на кораблях типа «Восток» наряду с испытанием различных систем жизнеобеспечения дали весьма ценный материал о возможности многосуточных полетов и связанной с этим суточной периодикой физиологических процессов, о возможности и эффективности групповых полетов и согласованной деятельности космонавтов двух космических кораблей. При этом более тщательно были изучены вопросы отбора, подготовки и тренировки космонавтов; в частности, тренировки вестибулярного аппарата для наилучшей переносимости условий невесомости. Наконец, был успешно осуществлен полет в Космос первой женщины — В. В. Терешковой.

Полеты кораблей типа «Восход» открыли перспективы создания летающих космических лабораторий, в которых представители различных специальностей могут вести обширную программу научных исследований, включая непосредственные медико-биологические исследования в Космосе специалиста космической медицины. Первый в мире выход космонавта А. А. Леонова в космическое пространство позволил изучить многие очень интересные теоретические вопросы физиологии перемещения человека и его ориентировки в безопорном пространстве, практические возможности деятельности человека вне корабля, а также сложные задачи обеспечения его жизнедеятельности и работоспособности в этих условиях.

Накопленный уже опыт медико-биологических исследований и полетов человека в Космос убедительно показывает безграничные перспективы и огромную роль человека в непосредственном изучении и освоении космического пространства и небесных тел.

Наконец, физиологический космический эксперимент с собаками Ветерок и Уголек на спутнике «Космос-110» позволил получить интересные данные о сдвигах в обмене веществ животных в условиях продолжительного полета, о возможностях и пределах адаптации и перестройки процессов физиологической саморегуляции функций.

Указанные выше исследования заложили фундамент космической биологии, которая продолжает успешно развиваться не только в интересах собственно космонавтики, но и, как это становится все более и более очевидным, обогащая основные биологические науки важными результатами для повседневной «земной практики».

Теперь мы имеем все основания приступить к решению более сложных задач — основным биологическим проблемам подготовки человека к межпланетным полетам. К ним прежде всего относятся следующие:

1. Изучение влияния длительных полетов в Космос на человека и различные живые организмы, сравнительный анализ влияния комплекса и различных комбинаций факторов космического полета на организм в

■ ИСПЫТАНИЕ ОДИНОЧЕСТВОМ. НОВЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ СОВЕТСКИХ УЧЕНЫХ

Советские ученые провели необычайный эксперимент: наблюдали жизнь испытуемых, находившихся длительное время — 70 суток — в небольшом специально оборудованном изолированном помещении. В один из дней в небольшую камеру размером 10 м³ вошли трое: врач Станислав Бугров, инженер Леонард Смирничевский и радиожурналист Евгений Терещенко, который вел подробный дневник событий всех 70 суток. Испытуемые прошли специальные тренировки. Незадолго

до начала эксперимента каждый из участников опыта был подвергнут физиологическим и психологическим «экзаменам». Затем их одели в специальную одежду, на теле каждого закрепили всевозможные датчики с тем, чтобы врачи могли следить за состоянием испытуемых. Врачи-биологи, психологи составили режим жизни для экипажа. Главное в нем — труд. Каждый в течение суток дважды нес четырехчасовую рабочую вахту, решали навигационные задачи, работали с секстантом, выполняли пробы, оценивающие психическое состояние человека, снимали фотоаппаратом быстро гаснущие лампочки, печатали на устрой-

зависимости от его физиологического состояния и других особенностей, выявление условий и факторов, которые могут отрицательно сказываться на обитателях корабля, разработка соответствующих способов и средств защиты.

Факторы космического полета с биологической точки зрения можно разделить на три группы: связанные с динамикой полета (перегрузки, вибрации, шум и невесомость); характеризующие космическое пространство как своеобразную среду обитания (ультрафиолетовая, инфракрасная и видимая части радиации, ионизирующее излучение, барометрическое давление, своеобразие теплового режима и т. п.); связанные с длительной жизнью организма в искусственных условиях герметической кабины космического корабля (изоляция, ограничение пространства, особенности питания, суточной периодики, микроклимата и т. д.).

2. Медицинское обеспечение более продолжительных космических полетов, подразумевающее совместную с инженерами научную разработку систем жизнеобеспечения, выбор оптимальной газовой среды, управление кораблем, создание устройств, контролируемых гигиенические параметры кабины и физиологические показатели состояния членов экипажа. В эту группу входят также определенные проблемы здравоохранения, профилактической и клинической медицины.

3. Разработка адекватных медицинских критериев для отбора членов экипажа космических кораблей, наиболее эффективных методов их подготовки и специальных видов тренировки с целью повышения выносливости в условиях воздействия необычных факторов. Сюда также относятся психологические проблемы продолжительного пребывания отдельных космонавтов и коллективов в необычных условиях среды, труда и нервно-психических напряжений (стресса).

4. Изучение биологических основ обеспечения длительных космических полетов с целью разработки систем, поддерживающих жизненные условия для экипажа путем моделирования естественных материально-

стве, напоминающем пишущую машинку. Известно, что неподвижность, вызванная стесненными условиями помещения, — одна из трудностей, которую необходимо научиться преодолевать. В этом случае огромна роль физической нагрузки. В камере имеется велостанок. Упражнение на нем можно сравнить с быстрым подъемом на велосипеде в гору под углом, скажем, в 30°. В течение суток на эту процедуру отводилось 40 минут. Кроме того, в распоряжении испытателей было кресло-эспандер. Работа на нем также помогала сохранить необходимое физическое состояние.

Однако всего этого комплекса физиче-

ских нагрузок оказалось явно недостаточно. Испытатели столкнулись с фактом частичной атрофии мышечной системы. Кроме того, в организме каждого из них происходили изменения не только физического, но и психического характера. Вот одна из страниц дневника, написанная через 3 недели после «старта».

«Вахта, обед, медицинское обследование, сон. Наша жизнь забилась в каком-то лихорадочном, но монотонном ритме. Свободного времени почти не оставалось. Но уже начинаешь чувствовать изнурение. Станислав похудел, под глазами появились круги. У Леонарда покраснели и перестали быть спокойными глаза. Иногда

энергетических связей человеческого организма с земной природой, осуществленной в форме круговорота веществ с использованием солнечной энергии.

5. Изучение условий жизнедеятельности и форм внеземной жизни, а также разработка проблем, связанных с предупреждением бесконтрольного заноса живой материи в Космос и возможных представителей внеземной жизни на нашу планету.

Современные успехи в исследовании и освоении космического пространства являются венцом развития науки, результатом общего высокого научно-технического и культурного уровня человечества, воплощением всего его исторического опыта. Можно сказать, что проблемы, связанные с проникновением человека в Космос, являются своего рода пробным камнем зрелости нашей науки. Например, успешный опыт создания систем для продолжительного жизнеобеспечения человека в лабораторных экспериментах и частично в реальных космических полетах является критерием правильности основных экологических концепций и знаний современной биологической науки. В то же время они расширяют наши представления и понятия о биосфере.

Сейчас уже всем хорошо известно, как много дают космические исследования для развития астрономии, физики, геофизики, радио- и телевизионной связи, метеорологии и многих-многих других дисциплин. Они, очевидно, позволят открыть новые источники энергии и материалы в Космосе. Все это, несомненно, укрепит власть человека над силами природы и повысит его благосостояние.

Не менее других дисциплин в освоении Космоса заинтересованы биология и медицина. Космические исследования создают благоприятные возможности как для изучения ряда принципиальных проблем биологии, так и для решения задач общей биологии и практической медицины. Это можно иллюстрировать на многих примерах.

Теперь не только писатели-фантасты, но и представители многих об-

пропадала обычная благожелательность тона в разговоре. Вспыхивали небольшие недоразумения, очень напоминающие ссоры, разумеется, все по пустякам».

А вот новые строки, написанные через неделю после приведенных выше:

«Вахта, обед, обследование, сон. Время сжалось, укоротилось... Один день не отличишь от другого. Исподволь начала подбираться нервная усталость. Мы стали раздражительнее. Заставлять себя работать стало труднее. Все чаще хотелось открыть куда-то дверь и увидеть что-то другое. Все равно что, только бы новое. Иногда мучительно, до рези в глазах хочется увидеть яркий, определенный, про-

стой свет спектра или кумачовый плакат, синее небо. Скука».

Специалисты видоизменяют эксперимент и вместо строгого распорядка разрешаютвольный образ жизни. С определенного дня каждый делает только то, что ему хочется: читает, играет в шахматы и т. д. Единственное условие — вести хронометраж своей жизни. Как это ни странно, но новый порядок оказался более сложным, нежели прежний. Дни, часы, минуты стали тянуться медленнее, отчетливее чувствовалась усталость, повысилось и нервное напряжение. Сон стал тревожным, начались звуковые галлюцинации. Во сне чудилась то музыка, то пение, то шум

ластей естествознания ждут от космической биологии решения самой загадочной проблемы — как широко распространена жизнь во Вселенной, каковы ее формы и особенности. Существуют по крайней мере два пути решения вопроса о наличии живой материи во Вселенной. Во-первых, изучение возможности жизнедеятельности различных земных организмов в лабораторных условиях, имитирующих условия Космоса и небесных тел. Современная техника позволяет воспроизвести эти условия, и основные трудности, пожалуй, заключаются в недостаточности наших знаний о природе планет. Последние успехи космической науки и техники в изучении физических условий на ближайших к Земле небесных телах — Луне, Венере, Марсе — имеют в этом отношении исключительно большое значение.

Одновременно необходимо интенсифицировать наши усилия и по второму направлению — поискам органической материи, субстратов и организмов вне Земли, как сходных с теми, какие существуют на Земле, так и отличающихся от них. При этом необходимо суметь как-то «оторваться» от некоторых из сформировавшихся у нас представлений и критериев земных форм жизни, так как в космическом пространстве могут встретиться такие формы движения высокоорганизованной материи, которые будут значительно отличаться от земных (например, можно представить себе, что основу химической структуры высокоорганизованной материи или форм жизни будет составлять не углерод, а кремний или какой-либо другой элемент).

Из всего сказанного следует, как много еще нужно сделать в поисках жизни в космическом пространстве. Первостепенной в настоящее время является задача обнаружения и исследования микроорганизмов, спор, элементарного органического вещества в космическом пространстве.

Для биологов исключительно заманчива перспектива сопоставления обнаруживаемых в мировом пространстве форм жизни с земными. Это

самолетов. Однажды в камеру ворвалась какофоническая музыка. Она принесла неожиданный результат. Евгений Терещенко записал в дневнике: «Я вдруг почувствовал, что с моей головы, скованной напряжением последних дней, будто снимают обруч за обручем. И я почувствовал облегчение».

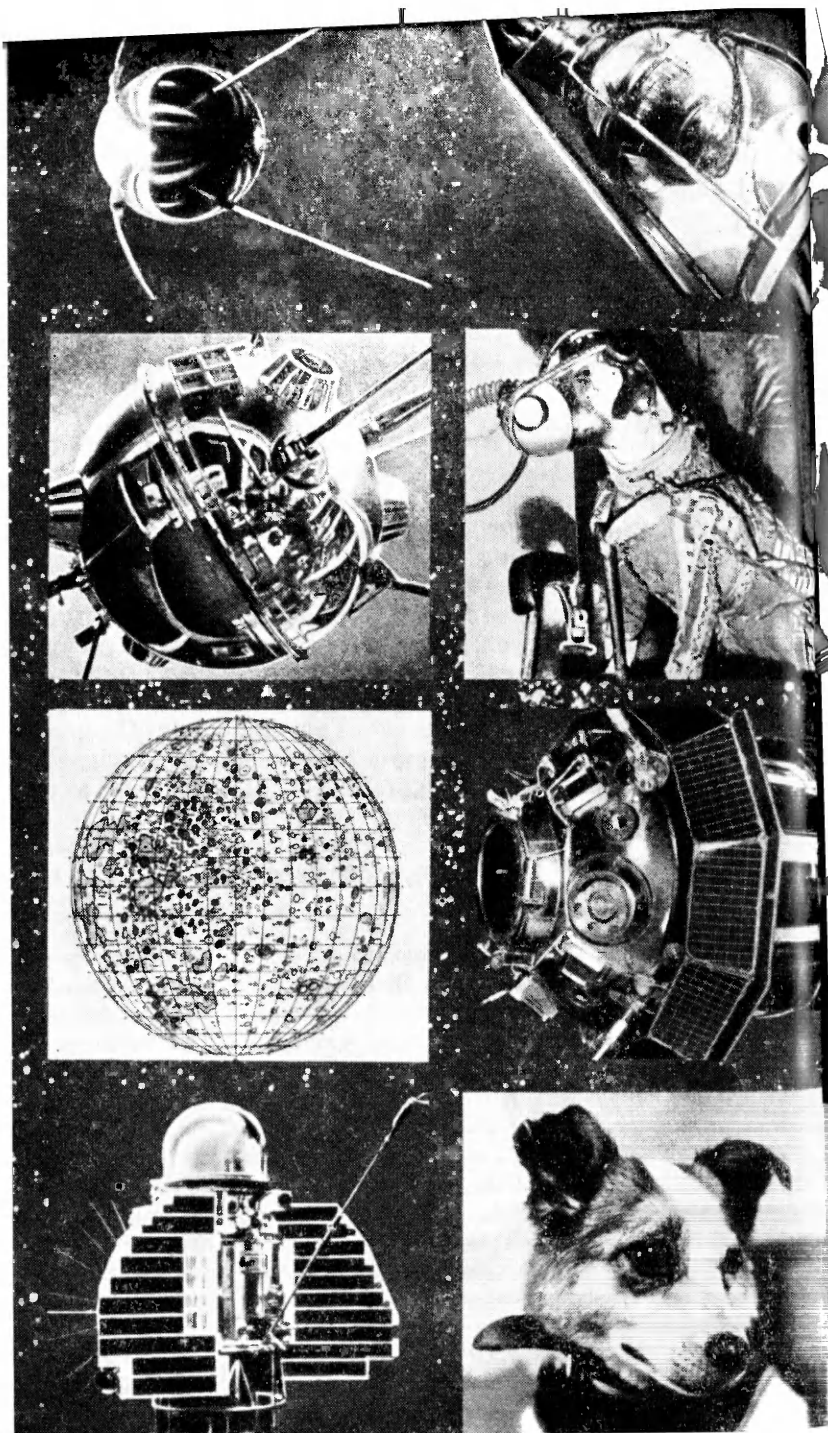
Эксперимент, как уже говорилось, закончился через 70 дней.

Ответ на главный вопрос положителен. Маленький коллектив в замкнутом ограниченном пространстве при бытовых неудобствах, оторванный от всего мира, может жить и работать, сохранять трудовую дисциплину.

Позднее мы встретились с руководителем эксперимента В. А. Смирновым. Вот что он рассказал:

Для всех троих эти 70 дней были испытанием воли, духовных качеств, характера. Это была проверка каждого в отдельности и всего коллектива. С удовлетворением отмечаю, что никто из испытуемых не отклонился от намеченной программы, никто не пытался уклониться от работы. Кроме, этим опытом доказано, что человек может жить и работать в таких условиях многие недели.

А. Романов,
обозреватель ТАСС





Полету человека в Космос предшествовали экспериментальные космические полеты животных

позволит выявить характер и пути возникновения и эволюции живой материи во Вселенной, подтвердить общие законы развития материи.

Углубленное познание сущности жизни позволит направленно изменять организмы, воздействуя на их взаимоотношение со средой.

В ходе эволюции организм человека и животных хорошо адаптировался к условиям существования на Земле, в частности к земной гравитации и действию космической радиации, достигающей земной поверхности. Биологические эксперименты на космических кораблях в условиях невесомости, в условиях более высокой интенсивности космической радиации позволят выяснить, какую роль играют и играли эти факторы в индивидуальном и эволюционном развитии организмов на Земле. Интересны также будут биологические эксперименты на планетах, имеющих большую, чем Земля, массу и, следовательно, гравитацию.

Большое значение для будущих космических экспедиций и поселений имеют также исследования, направленные на изучение возможностей регуляции интенсивности и скорости протекания жизненных процессов в организме, в частности исследования искусственно вызываемых состояний гибернации и анабиоза.

Космическая биология и медицина помогают прогрессу общеклинической медицины и здравоохранения. Вспомним внедрение в практику новых методов функциональной диагностики, принципов профессионального отбора, рождение новых идей в связи с изучением реакций организма на воздействие экстремальных факторов, что столь существенно для лучшего понимания патогенеза ряда заболеваний и их рационального лечения.

В связи с задачами космонавтики интенсивно развивалась в последние годы теоретическая и клиническая лабиринтология, которая имеет очень большое значение для лечения ряда болезней человека, связанных с нарушениями ориентировки в пространстве, головокружениями и т. п.

Все более широкое распространение получают математические методы

■ КОСМИЧЕСКИЕ ПОЛЕТЫ И ПРОГРЕСС ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

Следует также сказать еще об одном, косвенном влиянии космических полетов на прогресс человечества. Известно, что расширение кругозора людей, повышение их общей культуры, понимание места человека в природе являются частью условий ликвидации разного рода психологических и социальных барьеров между людьми, которые, к сожалению, еще есть на планете Земля. В этом отношении космические полеты приносят боль-

шую пользу, наглядно формируя у людей представление об их единстве.

Живое непосредственное восприятие красоты нашей планеты, которое я испытал, вызвало чувство того, что Земля — Дом людей, чувство, убежденности в неделимости человечества, в том, что оно сможет преодолеть имеющиеся еще место конфликты, что люди равны перед лицом бесконечного Космоса и осваивать его они должны ради всех людей, живущих на Земле.

А. А. Леонов,
к-космонавт Советского Союза

исследования в медицине, использование вычислительной техники, что сулит решение важнейшей проблемы непрерывного контроля за состоянием тяжелобольных, внедрение методов оказания экстренной, в том числе автоматической помощи и т. д.

Новые методы исследования открывают более благоприятные возможности для углубленного изучения физиологии труда. Изучение космической медициной реакций и поведения организма в экстремальных условиях среды и при больших физических и психо-психических нагрузках имеет большое значение для изучения важной медицинской проблемы стресса и возможностей адаптации организма к крайним (экстремальным) условиям среды и максимальным нагрузкам.

Одной из самых сложных задач космической биологии является создание замкнутого цикла превращения материи в кабине космического корабля — моделирование существующего кругооборота веществ в природе. Возможность успешного осуществления длительных межпланетных полетов немыслима без создания искусственных животно-растительных сообществ, включающих человека и удовлетворяющих его материально-энергетические потребности.

Успехи, достигнутые в разработке принципов и методов построения замкнутых экологических систем для космических кораблей, открывают новые возможности для их использования в пищевой индустрии, сельском хозяйстве и т. д. Это особенно важно сейчас, когда немалая часть человечества все еще продолжает испытывать нужду в продовольственных ресурсах.

Таким образом, современная биотехнология, сформировавшаяся в результате потребностей космонавтики, обещает также содействовать решению и многих других насущных проблем.

По-новому будут решаться такие важные для нашей планеты вопросы, как прогноз погоды, состояние ионосферы, служба Солнца. Создание спутников-ретрансляторов и спутников связи приведет к коренному улучшению радио- и телевизионных передач по всему земному шару. А это откроет широчайшие возможности для пропаганды научных знаний и культуры, для новых форм образования и просвещения народных масс.

Если развитие авиации и прогресс в воздухоплавании привели к сближению континентов, то можно полагать, что развитие ракетоплавания приведет к сближению планет.

Мне хотелось бы только с особой силой подчеркнуть, что если взять как перспективную отдаленную задачу «населенный Космос», то путь к «населенному Космосу» тернист и долог.

В настоящее время сделаны лишь первые шаги на этом трудном, но перспективном пути, который, несомненно, приведет к новым победам в освоении космического пространства в интересах мира, дружбы и благосостояния людей всех стран.

Космическая психология

В. В. ПАРИН, академик

Ф. Д. ГОРБОВ, доктор медицинских наук

Ф. П. КОСМОЛИНСКИЙ,
кандидат медицинских наук

Космическая психология в настоящее время представляет собой самостоятельную научную дисциплину со своим предметом и своими методами исследования. В историческом плане она подразделяется на два существенных этапа. Первый — до полетов человека в Космос. Второй — после полета Ю. А. Гагарина.

На первом этапе существовали лишь возможности предвидения относительно условий первого космического полета, реакций на них человека, адаптации его к этим новым условиям и целенаправленных действий космонавта.

На втором этапе «служба предвидения» сохраняется со всей остротой. С ней связано все, что носит характер первооткрывательства. Однако существенная особенность второго этапа — накопление уже не косвенных, а прямых позитивных данных. В советских и американских полетах психологические исследования в первую очередь были связаны с оценкой деятельности космонавта, инструментальные же исследования носили характер кратковременных, необременительных для человека проб. Проводились такие индивидуально-психологические качества, как пространственная смелость, умение расслабиться в состоянии напряженности, самообладание и самоконтроль.

■ ВОСПРИЯТИЕ ПРОСТРАНСТВА • В КОСМОСЕ

Освоение околоземного космического пространства даст возможность человечеству сделать большой шаг вперед в решении чисто земных задач, в которых заинтересованы все люди: предсказание погоды, установление глобальных систем связи и т. п. Решение более сложных задач потребует дальнейшего проникновения в Космос. Для выполнения столь грандиозных замыслов в первую очередь потребуются создание орбитальных околоземных станций. При этом не обойтись без решения задач управления сближе-

нием и стыковкой на монтажной орбите блоков, налаживания сварочных и других технологических и производственных операций. Большинство перечисленных работ будет выполняться вне космического корабля.

Из этого следует, насколько актуальным становится выяснение возможности человека правильно воспринимать пространственные отношения объектов вне Земли. Без этого немыслима деятельность и безопасность космонавтов. В авиационной практике известно много примеров летных происшествий из-за иллюзорного восприятия действительности, и прежде всего пространственных отношений.

Среди многочисленных проблем, связанных с освоением Космоса, одна из наиболее актуальных — проблема психических реакций и состояния человека в условиях длительных полетов к другим планетам и во время пребывания на их поверхности.

Характер этих реакций и состояния определяется спецификой условий космических полетов, из которых особое значение имеют следующие факторы: замкнутость человека в малом пространстве; изменение пространственной ориентировки; влияние на организм измененной гравитации (невесомость); снижение интенсивности и количества внешней и внутренней афферентной (чувствующей) нервной импульсации; ощущение новизны и опасности; чувство отрыва от Земли.

Психологический отбор космонавтов включает специфические методы. Помимо обычного для медицинской психопатологии и нейропсихологии отбора по противопоказаниям выявляются наиболее высокие положительные индивидуально-психологические особенности личности. Следовательно, задача отбора по противопоказаниям сочетается с задачей выбора лучшего, наиболее готового к данному полету кандидата, а также выбора членов экипажа космического корабля по принципам хорошей совместности и высокого уровня взаимосвязанной деятельности.

Важно заранее установить возможности кандидата в космонавты, предвидеть, как он будет переносить экстремальные факторы полета, внезапные раздражители и помехи. Изучаются и такие индивидуальные качества, как пространственная смелость, реакции на новизну обстановки, способность продолжать операторскую работу в усложненных условиях и т. д.

Еще до первого группового полета (В. М. Комарова, К. П. Феоктистова и Б. Б. Егорова) стало ясно, что для его успешного осуществления необходимо правильно соединить космонавтов в рабочий коллектив — в экипаж.

Зимовки, горные восхождения, разные виды группового спорта (спор-

Первый выход человека в открытый Космос дал много материалов для понимания того, как строится восприятие пространства в этих условиях и что нужно делать для надежной ориентировки и эффективной трудовой деятельности вне корабля.

Есть смысл вспомнить, как представлял себе выход из космического корабля К. Э. Циолковский. Герой его научно-фантастической повести «Вне Земли» говорит: «Когда открыл наружную дверь и я увидел себя у порога ракеты, я обмер и сделал судорожное движение, которое и вытолкнуло меня из ракеты. Уж, кажется, привык я висеть без опоры между

стенами этой каюты, но когда я увидел, что подо мною бездна, что нигде кругом нет опоры,— со мною сделалось дурно, и я опомнился только тогда, когда вся цепочка уже размоталась, и я находился в километре от ракеты...»

Значит, Циолковский предвидел, что выход из космического корабля будет сопряжен с преодолением «боязни пространства». Эта выработанная в процессе жизненного опыта, а может быть, и унаследованная от предков реакция человека действительно существует. Вот почему при подготовке к полету я проходил комплекс тренировок, состоящий из специальных физических упражнений, пара-

тивные игры, гребля и т. п.) показали, как много значит для общего успеха такие важные качества людей, как взаимное уважение, дружба, слаженность в работе. История футбола знает немало примеров, когда команды, составленные из «экстразвезд», проигрывали более слабым, но зато более сыгранным и дружным коллективам игроков.

Исследования взаимосвязанной и взаимозависимой деятельности космонавтов вызвали создание нового оригинального направления в космической психологии — групповой психологии, основанной на методе «гомеостат». Было установлено, что по качеству индивидуального вклада нельзя прогнозировать успешность действий группы в целом. Отказ от изолированных индивидуальных исследований и переход к методам групповой психологии позволил давать сравнительную оценку работе различных групп по быстрдействию, по особенностям стратегии экипажа в целом. Наряду с этим более четко стали выявляться и индивидуальные особенности (по тактике каждого члена группы во взаимосвязанной деятельности). Понятие тактики и стратегии получило количественное выражение, так как коэффициент взаимосвязи задается с пульта управления. Это обеспечивало создание задач возрастающей трудности.

Психологический отбор облегчается моделированием условий космического полета. Такие методы, как барокамерные и сурдокамерные испытания, по существу служат и целям отбора и целям подготовки. То же можно сказать и о других стендовых испытаниях, например на центрифуге, а также о прыжках с парашютом.

В результате экспериментально-психологических исследований разработан подход к оценке результатов испытаний. Только развитие явлений физиологического дискомфорта с резким падением работоспособности расценивается как отрицательный показатель. Отсюда вытекает необходимость совместного участия в экспериментах психоневрологов (наблюдение), психологов (постановка и режиссура опыта) и нейрофизиологов (регистрация и оценка электрофизиологических, биохимических и пр. данных).

шютных прыжков и полетов на реактивных самолетах, полетах в летающей лаборатории, где в условиях кратковременной невесомости отрабатывалась вся последовательность действий космонавта по выходу из шлюзовой камеры в открытый Космос и входу в нее. В результате при выходе из шлюза корабля чувство «психологического барьера» у меня не возникло. Момент первого отделения от корабля, первого шага в Космос не сопровождался, как можно было ожидать, резкой вспышкой эмоционального напряжения. Об этом свидетельствуют не только мои субъективные впечатления, но и данные телеметрической регистрации ряда

психофизиологических параметров (электрокардиограмма, электроэнцефалограмма, дыхание и др.).

Когда открылась наружная крышка шлюза космического корабля «Восход-2», необъятный Космос предстал перед моим взором во всей своей неопишуемой красоте. Земля величественно проплывала перед глазами и казалась плоской, и только кривизна по краям напоминала о том, что она все-таки шар. Несмотря на достаточно плотный светофильтр плюминатора гермошлема, были видны облака, гладь Черного моря, кромка побережья, Кавказский хребет, Новороссийская бухта.

Космический полет сопряжен с отрывом от Земли, от человеческого коллектива, от всей привычной обстановки, с детства окружающей человека, и связан с более или менее длительным пребыванием в замкнутом пространстве малого объема.

Мы знаем, что животные, впервые попавшие в тесную клетку, мечутся, стремясь вырваться из нее; птица, случайно залетевшая в комнату, потеряв самообладание, в страхе ударяется о стены и окна, стараясь вырваться на свободу. Пребывание в тесном замкнутом помещении тяжело не только для животного или птицы, но и для человека. Крайняя степень такого нервно-психического переживания хорошо известна врачам-психиатрам и психологам и носит название клаустрофобии, т. е. боязни замкнутого пространства.

Не случайно поэтому для отбора и тренировки космонавтов, в частности для проверки на клаустрофобию, в практику космической психологии и медицины вошла сурдокамера. Это небольшое помещение, которое на период исследования плотно закрывается. Построена сурдокамера из звуконепроницаемых материалов, в ней царит глубокая тишина; сурдокамера освещается искусственным светом, зрительная связь с внешним миром отсутствует; в ней расположены приборы и аппараты, на которых тренируются космонавты. Таким образом, в сурдокамере можно исследовать человека в условиях, когда приток внешних впечатлений предельно ограничен, а это, так же как и замкнутость, далеко не безразлично для человека.

Для сохранения высокого жизненного тонуса, работоспособности и хорошего настроения необходим достаточный приток внешних впечатлений, или сенсорных раздражений. Зрение, слух, вкус, осязание, обоняние позволяют человеку не только познавать внешний мир, ориентироваться в нем — с их помощью мозг как бы заряжается энергией. Сенсорные раздражения можно образно сравнить с пищей, которая насыщает мозг, а состояние мозга, когда этой «пищи» не хватает, — с голоданием. Поэто-

Выйдя из шлюза и легко оттолкнувшись, я отделился от корабля. Фал, посредством которого осуществлялось крепление к космическому аппарату и связь с ним, медленно растянулся на всю длину. Небольшое усилие при отталкивании от корабля привело к его незначительному угловому перемещению. «Восход-2» был залит лучами Солнца. Резких контрастов света и тени не наблюдалось, так как находившиеся в тени части корабля достаточно хорошо освещались отраженными от Земли лучами. Проплывали величавые зеленые массивы, реки, горы. Ощущение было примерно таким же, как и в самолете, когда летишь на

большой высоте. Но из-за значительного расстояния невозможно было определить города и детали рельефа, и от этого казалось, как будто проплываешь над огромной красочной картой.

Двигаться приходилось около корабля, летящего с космической скоростью над вращающейся Землей. Отходил я от корабля спиной с углом наклона в 45° к продольной оси шлюза, а приближался — головой вперед с вытянутыми руками, чтобы не удариться иллюминатором гермошлема о корабль (или «распластавшись» над кораблем, как в свободном падении при парашютном прыжке). При движениях ориентироваться в простран-

му говорят о сенсорном голоде или сенсорной недостаточности (депривации), иначе — о недостатке притока внешних раздражений.

В сурдокамере проверяют и тренируют выносливость к сенсорному голоду, выносливость к пребыванию в пространстве, обнесенном тесной «оградой»; в сурдокамере человек обучается самоконтролю, учится точно рассчитывать свое время, засыпать и пробуждаться самостоятельно и именно в заданный срок.

Психофизиологическими моделями патологии восприятия в условиях сурдокамеры могут служить эйдетические (образные) представления и иллюзии, связанные с неправильной оценкой раздражителей, информативная характеристика которых недостаточна для их узнавания. Возникающие эйдетические представления достигают иногда почти реальной убедительности. Однако они отличаются от галлюцинаций, так как человек в камере знает, что это плод его воображения и в любой момент может избавиться от них. Неправильное осмысливание неясных раздражителей, например звуковых, приводило к ошибочным представлениям и обуславливало обман чувств.

Условия изоляции, ограничивающие круг интересов, могут служить почвой для возникновения «сверхценных идей», о которых, правда, легко отказываются при переходе к обычным условиям труда.

Влияние факторов социальной изоляции и сенсорного голода можно оценить не только в сурдокамерных исследованиях, но и во время экспедиций в отдаленные местности (пустыни, Заполярье), в длительных походах подводных лодок, при изучении реакций спелеологов, находящихся в отрыве от наземных баз, и т. п.

Интересны данные польских ученых по изучению реакций пилотов высотной авиации на такие факторы, как изоляция (потеря непосредственной связи с Землей и другими людьми), монотонная обстановка полета, пребывание в тесной кабине самолета. В 36% случаев отмечалось появление у пилотов неприятных переживаний чувства одиночества,

стве приходилось на движущийся корабль и «стоящее» Солнце, которое было над головой или за спиной.

Еще на Земле для ориентации вне корабля была выработана система координат, в которой «низом» является корабль. Такое представление «вынашивалось» в период подготовки к полету. Было нарисовано несколько десятков схем, на которых отрабатывались всевозможные варианты положения космонавта в безопорном пространстве относительно корабля, Солнца и Земли. При специальных тренировках, а также при полетах на невесомость в самолете-лаборатории с макетом космического корабля уточнялось и

закреплялось психологическое представление о том, что «низом» является корабль. Оно сохранилось и во время выхода из реального космического аппарата.

При одном из отходов в результате отталкивания от корабля произошла сложная закрутка поперечной и продольной оси тела. Перед глазами стали проплывать мигающие звезды на фоне темно-фиолетового с переходом в бархатную черноту бездонного неба. Иногда в поле зрения попадали только две звезды. Вид звезд сменялся видом Земли и Солнца. Солнце было очень ярким и представлялось как бы «вколоченным» в черноту не-

отрыва от Земли, а также других эмоциональных реакций — беспокойства, напряжения, неуверенности, страха. Влияние изоляции может быть кратковременным и длительным. В первом случае это вызывает ошибки в пилотировании, иллюзии, потерю пространственной ориентировки. Во втором — изменение поведения (эмоциональная неустойчивость, неврозы и т. д.).

По мере возрастания скорости и высоты полета проблема ориентировки человека в окружающем пространстве приобретает все большее значение.

Каждый здоровый человек обладает чувством «схемы тела». Под этим понимается обобщенное представление, которое мы имеем о своем теле, его габаритах, ориентации в пространстве в каждый данный момент. В «схему тела» человек включает также одежду и обувь. Следовательно, скафандр также включается космонавтом в эту схему. Несколько условно можно считать, что и космический корабль в целом во время полета космонавт включает в «схему тела».

Для формирования конкретной «схемы тела» в этих условиях требуется особое «вживание», умение быстро приспосабливаться, что связано с преодолением известных трудностей. Они значительно возрастают, когда положение площади опоры меняется, например при ускорениях. Особые условия создаются при невесомости. Приспособление к изменениям давления на площадь опоры происходит рефлекторно, без участия сознания.

При неустойчивом равновесии могут возникнуть психологические трудности, выражающиеся в нервно-эмоциональном напряжении. Появляется общее мышечное напряжение, усиливается хватательный рефлекс (у летчика это ведет к зажиму ручки управления самолетом). С мышечной напряженностью связано и возникновение ложных восприятий пространственного положения. Специальная тренировка (физическая и парашютная) помогает бороться с мышечной напряженностью.

ба. Остановить вращение каким бы то ни было движением было невозможно. Угловая скорость снизилась лишь за счет скручивания фала. Во время вращения, хотя корабля и не было видно, представление о его местонахождении сохранилось полностью и дезориентации не наблюдалось.

Следует отметить, что, несмотря на многочисленные тренировки, полной автоматизации координатных представлений о пространстве, в котором «ниж» — корабль, не произошло. Чтобы в каждый момент помнить, где находится корабль (когда он не виден), мне приходилось вести как бы мысленную «прокладку» своего мар-

шрута, учитывая, под каким углом отошел от корабля, на сколько градусов повернулся и т. п. В комплексе психологических процессов, обеспечивающих ориентировку, входило и образное представление о геометрических взаимоотношениях между видимыми в данный момент светилами (звездами, Солнцем, Землей) и невидимым кораблем. Хорошим ориентиром являлся также фал, когда он был полностью натянутым. Такой способ ориентации позволил выполнить все поставленные передо мной задачи. Однако он все же занимает значительную долю внимания, и в дальнейшем, видимо, нужно иметь специальное устройство-сигнали-

Есть основание полагать, что преодоление «застывших» реакций мышечной напряженности с помощью тренировки связано со своевременным, глубоко динамичным формированием в головном мозге физиологических систем предвидения.

Проблема соотношения человека и пространства, понятно, не исчерпывается сказанным. Однако изложенного уже достаточно, чтобы сформулировать положение о пространственной напряженности. Под этим понимаются те трудности и усилия, которые возникают у человека в связи с пребыванием, перемещением и действиями в пространстве в зависимости от структуры и организации окружающего пространственного поля и наличия в нем любых предметов и существ.

Физическая и парашютная подготовка, «репетиция» полета в воображении — все это позволяет выработать сложную схему взаимоотношений в системе «человек — корабль — окружающее пространство» и способствует ликвидации или снижению пространственной напряженности.

При отборе кандидатов в космонавты большое значение придается, в частности, парашютной подготовке. У опытных парашютистов перед прыжком наблюдается повышение реактивности организма, за которым следует резкое ее снижение. Ученые приходят к выводу, что при многократном повторении опасных ситуаций развивается процесс психофизиологического торможения. Первоначальное повышение реактивности автоматически обеспечивает заблаговременное появление сигнала опасности, тогда как реакция торможения способствует сохранению состояния бдительности. Таким образом создается механизм адаптации к преодолению грозящей опасности.

Экстремальные факторы космического полета и экстремальные условия существования в Космосе вызывают значительное психофизиологическое напряжение (стресс) у космонавтов. Реакции на новизну обстановки, на резкие изменения среды, на опасность полета выражаются в возбуждении нервно-эмоциональной сферы и в значительных функцио-

затор, который постоянно давал бы космонавту информацию о направлении на условный «низ».

Более сложные проблемы формирования пространственных представлений о новой «опорной» системе координат возникнут при выполнении монтажных работ в открытом Космосе на различных объектах.

В этом случае придется иметь не одну, а две (или более) системы координатных представлений с разными «опорными» координатами. Например, при работе около корабля «низом» должен быть корабль, а при работе около летящей на некотором расстоянии орбитальной стан-

ции «низом» должна быть летящая орбитальная станция.

Исследования психологов показали, что «переключение» с одной системы координатных представлений на другую является сложной задачей.

В условиях Земли пространственные представления человека формируются и поддерживаются на основе сочетаний деятельности статокинетического (вестибулярного), проприоцептивного, кожно-механического, интероцептивного и оптического анализаторов. В условиях космического пространства в результате появления невесомости главным источником адекватной информации о простран-

нальных сдвигах со стороны эндокринной системы. Известно, что на активном участке траектории космического полета (на взлете, при посадке) резко возрастает частота сердечных сокращений и дыхания.

Ряд исследователей отмечают состояние стресса у находящихся в сурдокамере. Состояние психического напряжения при строгой изоляции бывает настолько сильным, что многие не выдерживают эксперимента и просят о его досрочном окончании. Длительное совместное пребывание в кабине космического корабля может явиться причиной психического напряжения у членов экипажа. Сильные эмоциональные переживания (как положительные, так и отрицательные) также могут вызывать различные осложнения. В кабине космического корабля будет трудно справиться с этими переживаниями, тогда как на Земле при смене обстановки они сравнительно легко подавляются. По-видимому, следует избегать включения в состав экипажей лиц с неуравновешенной нервной системой и обладающих шизоидными чертами характера.

В связи с необходимостью профилактики состояний напряжения в космическом полете весьма перспективны работы, проводимые в ряде советских и зарубежных лабораторий по применению в этих целях самовнушения. По данным А. И. Свядоща (СССР), через 2—3 месяца специальных занятий можно, по желанию, вызвать у себя повышение или понижение температуры кожи кистей рук на $1-2^{\circ}$, изменить мышечный тонус и частоту сердечных сокращений. Самовнушением можно снять тревожное состояние, резко уменьшить нервно-эмоциональное напряжение, приучить себя быстро засыпать или просыпаться в нужное время.

Исследования показали, что предварительное напряжение мышц существенно повышает способность к их последующему произвольному расслаблению. Упражнения в напряжении и расслаблении мышц при сосредоточении внимания на чувстве расслабления способствуют формированию навыков к более полному расслаблению. Таким путем преодолевается скованность. В свою очередь это содействует сохранению тонкой

ственным положением человека становится оптический анализатор. Это приводит к перестройке выработанной в центральной нервной системе на протяжении веков системы ориентации. Человек, попав в условия невесомости, должен выработать новые представления, новую «субъективную модель» координат. На Земле людям некоторых профессий также нужна перестройка обычной системы координатных представлений. Без этого не могут работать водолазы, делать сальто акробаты, танцевать балерины. Но в условиях невесомости задача становится значительно сложнее.

Для человека, находящегося в открытом

Космосе, задача ориентировки осложняется еще и тем, что полностью отпадают ощущения, связанные с прикосновением к отдельным деталям и площадям опоры в кабине. Кроме того, и для зрительной «опоры» должна быть выбрана необычная координата отсчета — «вниз», которым может быть вид либо корабля, либо Земли, либо Луны. Как лучше сформировать несколько «точек зрения», необходимых для выполнения монтажных работ на орбите, и обеспечить быстрый и надежный переход от одной к другой в нужные моменты, не вполне ясно. Однако принципиальная возможность этого, вытекающая из психофизиологической

координации движений при эмоциональных воздействиях. Даже при сильном эмоциональном напряжении установление спокойного ритма дыхания с несколько удлиненной фазой выдоха способствует нормализации вегетативных функций — частоты пульса, кровяного давления, кожно-гальванической реакции и др. При нормализации вегетативных реакций повышалась и устойчивость психических функций.

Особые условия существования и деятельности космонавтов в длительных полетах предъявляют серьезные требования к разработке оптимальных режимов труда, активного отдыха и сна. Назрела необходимость обобщить данные, относящиеся к рассматриваемой проблеме, создать единую концепцию «космических суток». Такой анализ успешно осуществил Б. С. Алякринский, который приводит ряд условий, влияющих на организацию суточного режима на борту космического корабля. Важнейшие из них: конструкция кабин космических кораблей (в частности, рабочих мест и мест отдыха космонавтов); особенности профессиональной деятельности космонавтов, их мышечной активности; число членов экипажа; индивидуально-психологические черты каждого космонавта и др. Автор предложил классификацию возможных вариантов искусственной суточной ритмики для будущих космических полетов.

В основу классификации положено убеждение в том, что 24-часовые сутки можно считать оптимальным вариантом. Изменяя количество часов в «космических сутках», получаем удлиненные и укороченные сутки. Как те, так и другие могут быть использованы в качестве статических или динамических суток. Статические сутки — это такой распорядок жизни, который остается неизменным длительное время. В динамических сутках продолжительность отдельных циклов (сна, активного отдыха, работы) изменяется. Все эти варианты суток могут быть названы простыми в противоположность смешанным, сущность которых заключается в том, что человек в течение определенного времени живет по программе разных суток, например: 12-часовых, затем 8-ми, далее 18-часовых и т. д.

теории фиксированной и нефиксированной установки и закономерностей формирования сложных образов, подтверждена при первом выходе в космическое пространство.

Кстати, одно из сделанных мной наблюдений, по мнению психологов, хорошо иллюстрирует значение фиксированной установки в механизме глубинного стереоскопического зрительного восприятия пространства. Как известно, когда мы смотрим на ночное небо с Земли, звезды кажутся находящимися на небосводе на одинаковом удалении от нас. В Космосе же я как бы «купался» в объемном звездном мире. Яркие звезды казались близ-

кими, звезды малой яркости — далекими. По-видимому, это объясняется тем, что из-за отсутствия эффекта светопоглощения атмосферой диапазон видимых яркостей звезд существенно увеличивается по сравнению с «земным». Замечу, что эта иллюзия пространственной ориентировке космонавта не мешает.

Таким образом, восприятие человеком пространства в Космосе имеет большую специфику. Ее особенно важно учитывать при выполнении космонавтом работ вне корабля.

А. А. Леонов,
летчик-космонавт Советского Союза

Исследования показали способность человека адаптироваться к любой суточной периодике. Это, однако, не означает, что такая адаптация происходит легко. Более того, приспособление человека к необычному для него суточному ритму зачастую оказывается процессом исключительно длительным и трудным, прежде всего — в области психической активности.

Ускоренный ритм смены сна и бодрствования при 18-часовых экспериментальных сутках вызвал у испытуемых неточное представление о распределении и течении времени. Было отмечено заметное ускорение ритма деятельности в многосуточных камерных экспериментах с укороченными периодами деятельности, сна и активного отдыха. Необходимый объем работы при этом целиком выполнялся.

Есть много способов воспитания «чувства времени» и организации правильного рабочего ритма. Один из возможных вариантов на этом пути, по мнению советского ученого Г. К. Микушкина, — тренировка космонавтов на земле в условиях, максимально приближенных к космическим. Это достигается путем имитации в тренировочной кабине космического корабля земных, привычных условий относительно пространства и времени. Предлагается, в частности, выработка у космонавтов на базе зрительного, слухового и вестибулярного анализаторов условнорефлекторных устойчивых форм реагирования, которые лежат в основе восприятия пространства и времени.

Проблемы космической психологии в связи с развитием космонавтики будут все больше и больше интересовать исследователей. Эта область науки только еще становится на ноги, у нее большое будущее.

Обнаружение жизни в Космосе

У. КОРЛИСС,
профессор (США)

Существует ли жизнь во Вселенной? В ближайшее время будет сделана попытка выяснить это. Необходимо также сформулировать наиболее приемлемые критерии наличия живой материи, т. е. знать, как поставить вопросы, чтобы разгадать эту тайну, и как толковать ответы на эти вопросы. Кроме того, если существующая где-либо живая материя имеет иную качественную и структурную химическую организацию и, следовательно, в процессах питания, дыхания и выделения участвуют совершенно другие вещества, положительный ответ автоматических аппаратов, работающих по программе «земных критериев», вообще не может быть получен.

В течение веков ученые и философы разделяли диаметрально противоположные точки зрения: одни считали, что жизнь существует только на Земле, другие — что она существует и вне Земли. Сейчас получены некоторые косвенные данные, как будто указывающие на возможность жизни и даже цивилизации вне Земли. Однако ученые все более склоняются к мнению о возможности внеземной жизни не столько вследствие новых знаний, сколько потому, что жизнь на Земле оказалась исключительно выносливой, богатой в своих формах и поразительно способной к приспособлению.

Под «обнаружением жизни» надо подразумевать получение однозначного ответа: «да» или «нет». Фактически сейчас мы не обладаем таким прибором, который смог бы определить формы, находящиеся на грани жизни. Наилучшее, на что мы можем надеяться, — это лишь неокончательное предположение.

Допустим, что ракета совершает посадку на Марс и радирует на Землю, что во взятых пробах существуют аминокислоты. Можно ли будет тогда утверждать, что на Марсе существует жизнь? Нет, можно лишь сказать, что имеется положительный признак. Если были бы обнаружены белки, то это придало бы дополнительный вес допущению о вероятности жизни. Бактерия, наблюдаемая при помощи микроскопа, может для многих казаться неоспоримым доказательством жизни, но не исключена возможность, что она была занесена туда с Земли вместе с недостаточно стерилизованным оборудованием.

Таким образом, признаки, указывающие на возможность существования жизни на другой планете, всякий раз будут вызывать самую широкую дискуссию среди ученых.

Для решения задачи обнаружения жизни вне Земли нужна правильная постановка вопросов, которые можно разбить на три большие группы:

1) обнаружение на планетах химических соединений, подобных аминокислотам и белкам, которые обычно связываются с жизнью на Земле;

2) обнаружение признаков обмена веществ — поглощаются ли питательные вещества земного типа внеземными формами;

3) обнаружение форм жизни, подобных земным животным, отпечатков жизненных форм в виде ископаемых или признаков цивилизаций.

Возможно, что где-то имеются живые существа, обладающие свойствами, резко отличными от типичного земного живого мира. Ведь даже на Земле есть живые организмы (бактерии), которые трудно назвать нормальными с точки зрения здравого смысла, поскольку питаются они серой и железом. На других планетах подобные «ненормальности» могут быть представлены значительно резче и чаще. Однако разработку методов и аппаратуры по обнаружению жизни мы можем осуществить только на основе земных представлений о ней.

Хотя жизнь теоретически возможна на любой из планет, на их спутниках и на астероидах, наши возможности посылки аппаратуры пока ограничены Луной, Марсом и Венерой.

Луну большинство ученых считают абсолютно «мертвой». Однако некоторые формы жизни могут существовать в тени кратеров, особенно если, как показывают последние наблюдения, там все еще протекает вулканическая деятельность с выделением тепла, газов и водяных паров. Луна может уже быть заражена земной жизнью после прилунения на ней космических аппаратов, а возможно, метеоритами, если они могут явиться переносчиками жизни.

Венера также, по-видимому, безжизненна, но по другим причинам. Согласно измерениям, температуры на поверхности Венеры слишком высоки для того, чтобы там была возможна жизнь земного типа, а ее атмосфера также весьма негостеприимна.

Иное дело Марс. Его климат и атмосфера отдаленно аналогичны земным. Марс свободен от заражения веществами земного происхождения. Поэтому обнаружение внеземной жизни на нем наиболее вероятно.

После пролетов ракет вблизи Марса, в результате которых будет осуществлена дальняя рекогносцировка, наступит очередь для высадки на поверхность планеты. Можно надеяться, что марсианская атмосфера окажется достаточно плотной и можно будет осуществить мягкую посадку капсулы с помощью парашюта. Если же, как показывают некоторые расчеты, величина гравитационного поля на Марсе составляет лишь $1/40$ часть земного, то для мягкой посадки потребуется дополнительное реактивное тормозное устройство.

Однако тормозные ракеты создают ряд дополнительных трудностей. Во-первых, они увеличивают вес блока как раз в том месте, где при посадке удар особенно сильный. Кроме того, управление ими довольно сложно, что уменьшает их надежность. Наконец, и это, возможно, является самым главным, они затруднят проблему обнаружения жизни. При действии выхлопных газов ракеты в районе посадки могут быть уничтожены существующие там организмы.

Возникает также проблема, связанная с количеством и размером приборов, которые должны быть доставлены на поверхность Марса: следует

ли иметь множество маленьких приборов с тем, чтобы обеспечить успешное функционирование некоторых из них и добиться статистической надежности ответов, дающих ограниченную информацию, или следует пойти на риск и попытаться осуществить выброс одного большого комплексного аппарата в идеальном месте и идеальном положении с тем, чтобы получить всю возможную информацию с этого места? Обе точки зрения имеют своих сторонников.

Как далеко следует идти в попытках обнаружить жизнь в Космосе? Если бы мы попытались сделать это, например, в пустыне Мохаве (Калифорния), то мы не старались бы ловить там насекомых или кроликов. Гораздо более простым экспериментом, имеющим значительно больше шансов на успех, была бы попытка обнаружить микроорганизмы, которые пронизывают всю нашу биосферу. Микроорганизмы очень стойки, их легко достать, с ними удобно работать, и они быстро размножаются. Поэтому и при высадке на Марсе следует в первую очередь использовать приборы для поиска микроорганизмов. Марсианские микроорганизмы должны иметь сходство с земными, если мы считаем, что химическая основа всей жизни аналогична земной.

После посадки прибор по обнаружению жизни должен взять пробы для исследования. Конструкторы приборов допускают, что на поверхности Марса или вблизи нее будут пыль и другие мелкие вещества, в которых, как и на Земле, содержатся микроорганизмы. Предложено два метода сбора этой пылеобразной среды: применение клейких щупальцев и пневматических коллекторов, которые всасывают мелкие частицы с поверхности или проглатывают аэрозоли из атмосферы подобно пылесосам.

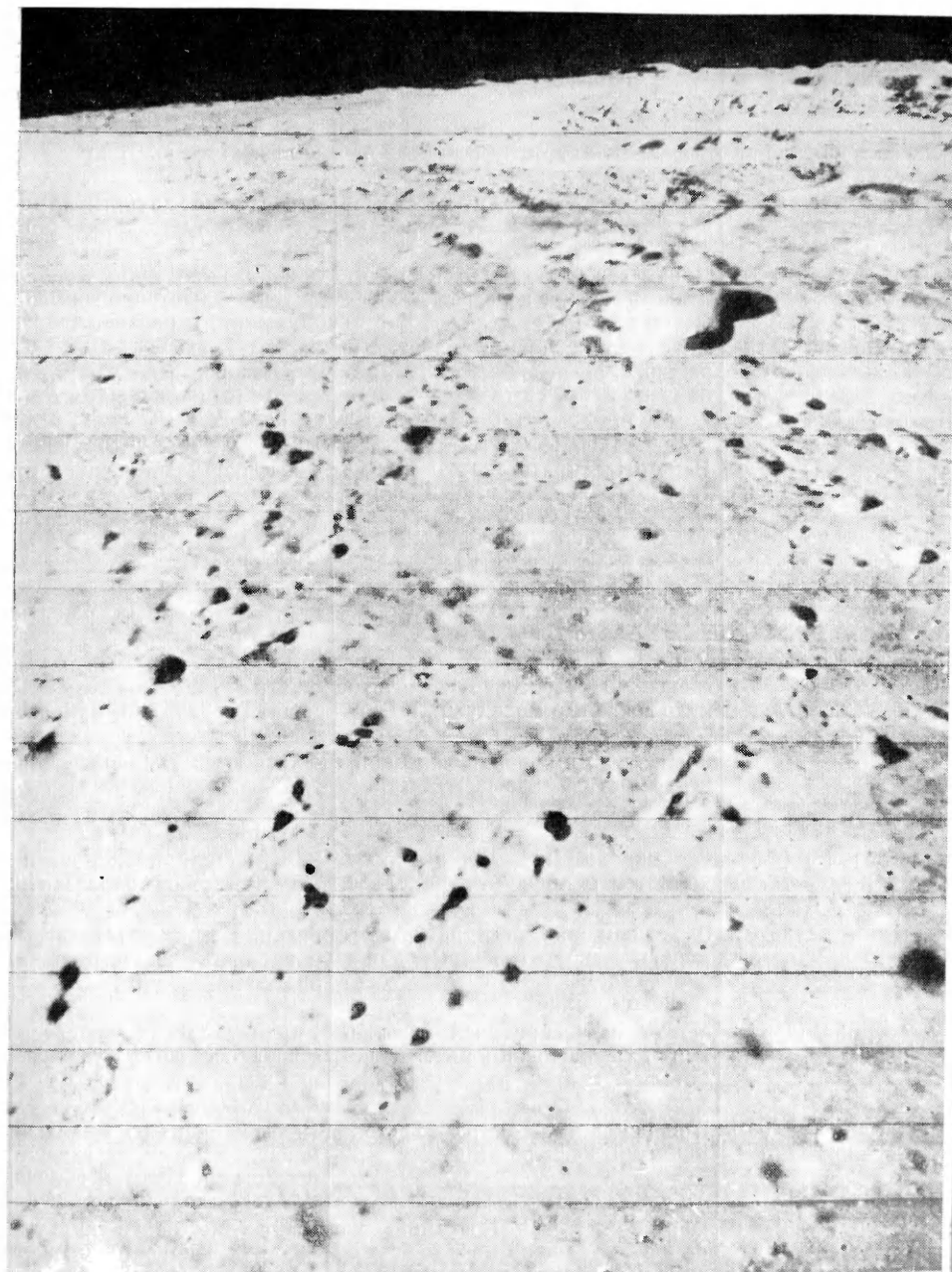
Собирать образцы! На первый взгляд это кажется простым делом. Однако каждый метод требует успешного выполнения нескольких несложных, но вполне надежных механических операций. Допустим, что после того как будут затрачены миллионы долларов на то, чтобы вывести полезную нагрузку весом 225 кг на Марс, мотор, выстреливающий щупальцы, или пневматический клапан, откажут.

Могут сломаться сами щупальцы. И, наконец, что будет, если капсулу высадят на голые породы, лишенные пыли, или вверх дном на трещину?

В таблице описываются приборы для обнаружения жизни, в основу которых положены физические принципы или химические свойства.

Жизнь на Марсе, как и у нас на Земле, вероятно, состоит из океана сложных химических веществ. Обнаружение макромолекул, подобных нуклеиновым кислотам, белкам и ферментам, конечно, позволит с большей уверенностью предположить наличие жизни, подобной земной. Но, хотя это и является серьезным доказательством, с полной уверенностью нельзя будет утверждать, что на Марсе есть жизнь. Между понятиями «жизнь» и «преджизнь» («протожизнь») имеется качественное различие, так как последнее относится к категории чисто химических состояний.

Масс-спектрометры и газохроматографы, являющиеся основными химическими приборами для предполагаемых исследований, воспринимают лишь вещества, находящиеся в газообразном состоянии. На практике это означает, что образец должен нагреваться до тех пор, пока его макромолекулы не распадутся на простейшие элементы. Однако газохромато-



Один из участков лунной поверхности

Приборы для обнаружения жизни

Прибор	Принцип действия	Оценка результатов
Радиоволновый определитель	Обнаруживает искусственные радиосигналы	Наличие цивилизации
Телевизионное устройство	Видиконавая камера передает изображение планеты и топографию	Обнаружение крупных форм жизни, искусственных сооружений
Микроскопы	Линзы увеличивают объект, видиконавая камера передает изображение	Обнаружение форм микрожизни, искусственных сооружений, ископаемых
Обнаружитель оптической активности	Оптически активные молекулы в растворе вращают плоскость поляризованного света	Оптическая активность в растворе, возможно, является единственной в своем роде для молекул, связанных с жизнью
Эксперименты с окраской	Некоторые красители дают спектры поглощения белков в видимом спектре, затемненные полосы измеряются обычным спектрометром	Динамика интенсивности спектра позволит решить вопрос о природе молекул
Инфракрасный спектрометр	Инфракрасная эмиссия и отражательная способность образца зависят от его структуры	Динамика интенсивности спектра позволит решить вопрос о природе молекул
Ультрафиолетовый спектрометр	Ультрафиолетовое излучение поглощается селективно различными центрами в молекуле	Динамика интенсивности спектра дает возможность решить вопрос о природе молекул
Масс-спектрометр	Возможность обнаружения концентрации различных молекул	Зависимость концентрации от молекулярного веса фрагментов аминокислот дает ключ к структуре
Хроматографы (газовые и жидкостные)	Сорбционные колонки отделяют компоненты продукта пиролиза	Характеристики компонентов позволяют определить структуру
Восстановительно-окислительный потенциал	Электроды в клетке культуры измеряют разность потенциалов при наличии окислительно-восстановительных реакций	Реакции и их потенциалы могут быть типичными для процессов жизни
Помутнение (ловушка Вольфа)	Может быть применен фотоэлемент для измерения интенсивности помутнения раствора культуры	Динамика мутности среды может обозначать увеличение числа организмов и, следовательно, их рост
Измеритель pH (ловушка Вольфа)	При помощи pH-метра со стеклянными электродами	Изменения pH со временем могут указывать на генерирование продуктов обмена и, следовательно, на жизнь
Детекторы обмена веществ («гулливеры»)	Образцу в качестве питания дается радиоактивно меченое вещество. Выделение радиоактивного CO ₂ будет обнаружено счетчиком β-частиц	Выделение CO ₂ в культуральной жидкости укажет на наличие обмена веществ и, следовательно, на наличие жизни

Прибор	Принцип действия	Оценка результатов
Кислородный обмен	Радиоактивно меченые атомы кислорода в солях, растворенных в воде, должны обмениваться с кислородом в организмах, если имеются ферменты. Масс-спектрометр сможет обнаружить вновь меченые соединения	Обнаружение ферментов будет доказательством наличия жизни

граф ракеты «Сервейер» в состоянии обнаружить десятки относительно сложных химических веществ, подобных ацетальдегиду и пропиональдегиду. Масс-спектрометры, разрабатываемые Массачусетским технологическим институтом для Марса, смогут определять аминокислотные цепи любого молекулярного веса. Такая информация с поверхности Марса будет весьма полезной.

Почти все земные молекулы, созданные биологическим путем, проявляют оптическую активность — способность в растворе вращать плоскость поляризованного света. Например, аминокислоты обычно вращают свет влево, и их называют левовращающими. Это свойство молекул, связанное с жизнью, позволит дать положительный ответ на вопрос, есть ли жизнь на Марсе или, по крайней мере, была ли она раньше.

Синтетически можно создать смеси, состоящие из равных частей правовращающих и левовращающих веществ. Такие смеси называются равновесными, они не проявляют оптической активности, так как обе формы уравнивают друг друга. Но, если в смесь ввести бактерии, использующие молекулы для пищи, они нарушат равновесие, уничтожив одну из форм, и тогда проявится оптическая активность оставшегося компонента смеси. Сейчас разрабатывается прибор — ультрафиолетовый детектор. Он будет измерять степень вращения поляризованного ультрафиолетового луча, прошедшего через раствор марсианской почвы.

Несмотря на высокую стоимость телевизионного сканирования марсианского ландшафта, телевидение при первых посадках на поверхность Марса будет использоваться. Уже создается микроскоп, предназначенный для сбора частиц на липком предметном стекле. Телевизионная камера, сфокусированная через микроскоп на пыль и аэрозоли, обеспечит воспроизведение исследуемых объектов. По этим изображениям можно будет определить размеры частиц, симметрию, оптические свойства и реакции на различные биологические красители.

Еще одним из приборов, предназначенных для обнаружения жизни, является ловушка Вольфа, названная так по имени изобретателя. Ловушка регистрирует два свойства жидких культур, содержащих размножающиеся микроорганизмы: увеличение помутнения и увеличение кислотности, возникающие вследствие скопления продуктов обмена веществ. Помутнение можно измерить фотоэлементом, а кислотность обычным

pH-метром со стеклянными электродами. Трудность применения этих указателей жизни заключается в том, что процессы обмена веществ на Марсе могут быть более медленными, чем на Земле. Поэтому следует обеспечить возможность проведения довольно длительных операций и связь с Землей должна осуществляться в течение всего периода. Кроме того, возникает еще один вопрос: какая пища наиболее подходяща для марсианских микроорганизмов? Этого мы не знаем. Поэтому нам следует создать питательные вещества, которые более подходят для взаимоотношения организмов с окружающей средой, имеющейся на Марсе. Скорее всего это будут организмы, которые поглощают сульфат, нитрат, карбонат и осуществляют брожение.

Обмен веществ — одно из универсальных свойств жизни, привлечшее внимание конструкторов приборов для обнаружения жизни. Он включает поглощение пищи, выброс экскрементов и выделение тепла. Рост иногда связан с обменом веществ, но он ни в коем случае не является отличительной чертой живых веществ. Детектор жизни, названный Гулливером по имени известного героя Свифта, открывшего необычные формы жизни на отдаленных землях, построен на принципе обнаружения экскрементов.

Прибор производит три основные операции: во-первых, сбор проб с живым веществом; во-вторых, питание его радиоактивно меченой пищей и, в-третьих, обнаружение меченых газообразных конечных продуктов обмена веществ. Вместо пневматического сборщика образцов в «гулливере» применяются липкие щупальца, которые, будучи прикрепленными к пулям, выстреливаются из маленьких пушек, а затем втягиваются обратно. Прилипшие организмы попадают на питательную среду, меченную радиоизотопами. При наличии обмена веществ некоторые из выделяемых газов станут радиоактивно мечеными. Нынешняя модель «гулливера» захватывает любую радиоактивную двуокись углерода или сероводород на пленку над счетчиком β -частиц. Если в пробе происходит обмен веществ, скорость счета увеличивается по мере того, как аккумулируется все больше и больше $C^{14}O_2$ и H_2S^{35} . Имеется также контрольная камера, содержащая антимаболит. Новый вариант «гулливера» будет включать светлые и темные циклы, чтобы улавливать фотосинтезирующие микроорганизмы.

Среди детекторов жизни «гулливер» — один из лучших. Прототипы его успешно испытывались в пустынях, на вершинах гор и в лиственных лесах и оказались высокочувствительными.

Ни один из описанных выше приборов не отличается многосторонностью. Эксперименты, которые можно выполнять с их помощью, ограничены. Сконструированные позже мультиваторы и миниваторы, напротив, предусматривают постановку нескольких экспериментов. Они фактически являются миниатюризованными биологическими лабораториями. Первая конструкция мультиватора имела свыше 30 отдельных камер для химических реакций. Позднее начали проектировать мипиваторы с числом камер менее десяти. С течением времени мипиваторы становились все больше, а мультиваторы все меньше.

В каждую из камер коллектором втягивается тонкий фильтруемый образец марсианской пыли. В камерах помещены химические и питатель-

ные вещества. Другая часть химических и питательных веществ является контрольной. Датчики, приспособленные для различных реакций, в определенные интервалы времени передают на Землю сигналы.

Один из методов обнаружения жизни, на который ученые возлагают большие надежды, основан на нахождении фермента фосфатазы или, как его еще называют, аденозинтрифосфорной кислоты. Этот фермент представлен во всех живых системах, и его можно назвать вездесущим. Распадаясь на фосфорную и аденозиндифосфорную кислоту, он дает энергию, необходимую для всех видов обмена веществ живой природы. Кроме того, фосфор — катализатор множества реакций обмена веществ, что значительно облегчает выбор субстрата, который должен быть помещен в камеру прибора.

Например, камера в мультиваторе будет заряжена субстратом, содержащим флуоресцинфлуоресцентный химический продукт, связанный с ионами фосфата. Эта связь делает соединение нефлуоресцирующим. При всасывании образца марсианской пыли в камеру имеющаяся в ней фосфатаза будет способствовать диссоциации связанной молекулы, флуоресцин начнет флуоресцировать, и эту реакцию обнаружит фотоумножитель.

Другие эксперименты, которые могут быть выполнены в камерах мультиватора, — это эксперименты с биолюминесценцией и восстановительно-окислительным потенциалом.

Сейчас проводится выбор экспериментов и аппаратуры для Марса. В автоматическую биологическую лабораторию могут войти приборы, описанные в настоящей статье, а также ряд новых.

Следует предпринять все усилия для того, чтобы реализовать существующие возможности и, по выражению американского радиоастронома Моррисона, определить, является жизнь чудом или статистикой.

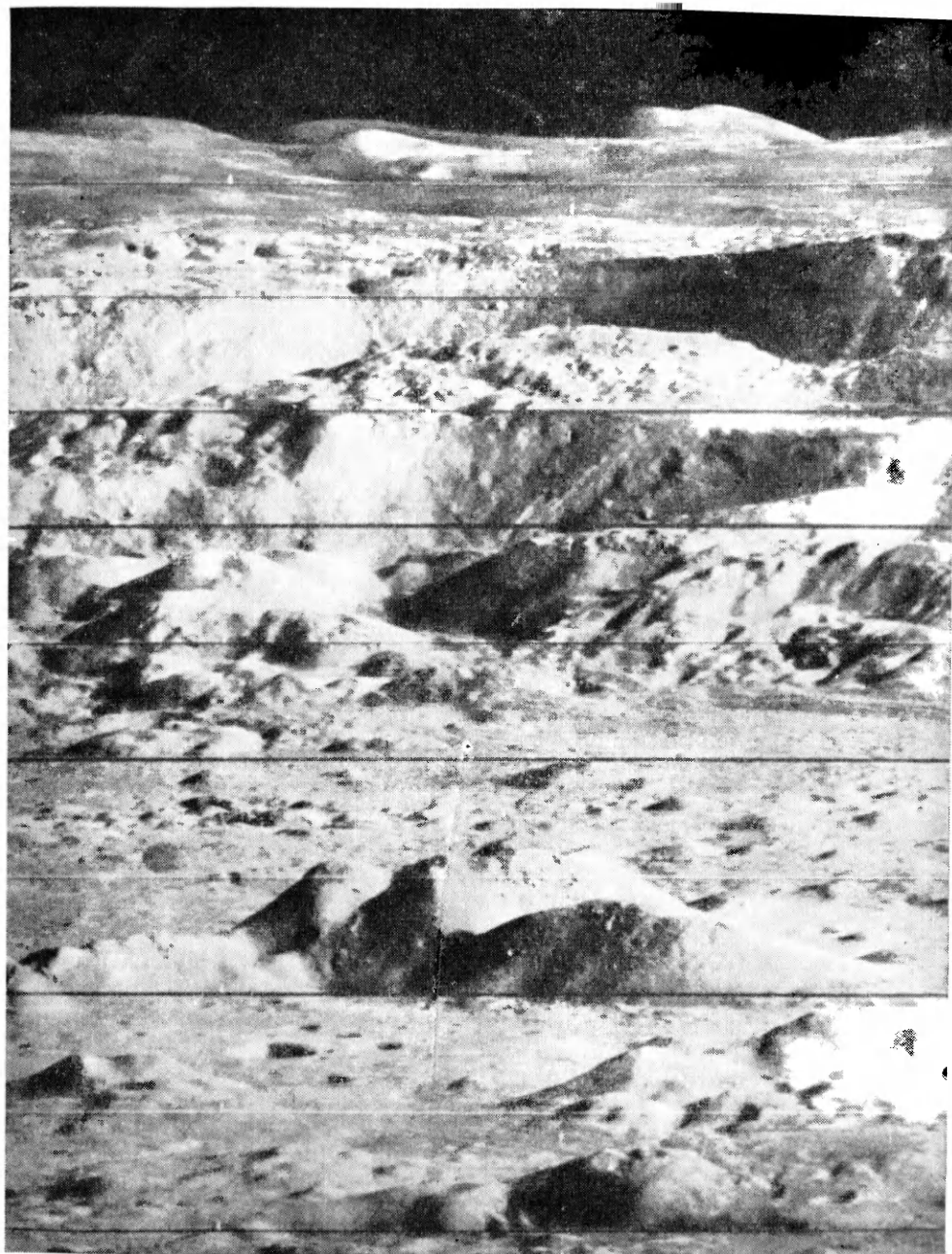
Лунный микрокосмос

Н. ПИРИ,
профессор (Англия)

Если людям придется жить на Луне, то доводы в пользу устройства «лунного микрокосмоса», хотя бы частичного, будут простыми. По расчетам, доставка каждого грамма материала на Луну будет стоить 10 долларов. Воду можно будет добывать из горных пород или вечного льда, а в горных породах содержится достаточно связанного кислорода, который можно добыть электрохимическим путем, если энергии будет достаточно. Можно ли получить на месте углерод — неизвестно. На поверхности Луны, возможно, удастся найти в значительном количестве битум и углеводороды. Но если на Луне только скалы и они, как земные горные породы в своем исходном виде, содержат только 200 г углерода на 1 т, то их едва ли можно использовать для метаболизма. Земные вулканические породы содержат 20—50 г азота на 1 т, поэтому и на Луне вряд ли можно найти источник азота. Фосфор и сера будут там в избытке, но суточная потребность в них невелика. Прочие жизненно важные элементы не составляют важной проблемы.

Потребность лунного «колониста» в энергии трудно предсказать заранее. Скорость основного обмена, вероятно не изменится, а применение физического труда будет небольшим. С первого взгляда покажется, что ходьба потребует меньшей энергии, так как ускорение силы тяжести на Луне вшестеро меньше, и подниматься по лестницам или карабкаться на гору будет легко. Но при ходьбе по ровному месту человек приподнимает свой центр тяжести, а затем дает ему падать вперед. На Луне это падение будет происходить крайне медленно, и для достижения нужной скорости потребуются постоянные толчки, как при беге. Вследствие меньшего веса трение подошв о почву уменьшится вшестеро. Поэтому при неизменной массе тела ходить на Луне будет так же неудобно, как бежать по скользкому полу. Расход энергии при этом будет едва ли меньше, чем на Земле. Поэтому в качестве минимума нужно приять расход энергии, требуемый на Земле при сидячей работе; он составляет 2700 ккал в сутки, или 130 вт. Для этого нужны в сутки 240 г углерода и 4,4 г азота, т. е. 70 г белков, 100 г жиров и 336 г углеводов (считая только эти основные вещества).

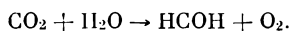
Большая часть азота пищи выделяется в виде мочевины, но 10—20% его встречается в виде простых или сложных соединений в моче, кале, поту, в слущивающейся коже, в волосах и ногтях. Об этих сложных конечных продуктах нельзя забывать, так как, хотя они составляют малую часть целого, но в постоянном обиталище они будут накапливаться и в конце концов придется придумывать способы для их удаления. Доля углерода, сопровождающего эти азотистые продукты выделения,



Кратер Коперник сфотографированный с высоты 250 км одним из американских
ков Луны.

очень невелика; большая часть его выделяется в виде углекислоты. Проблему удалось бы решить, если бы углекислоту и мочевины можно было превращать снова в полезные вещества.

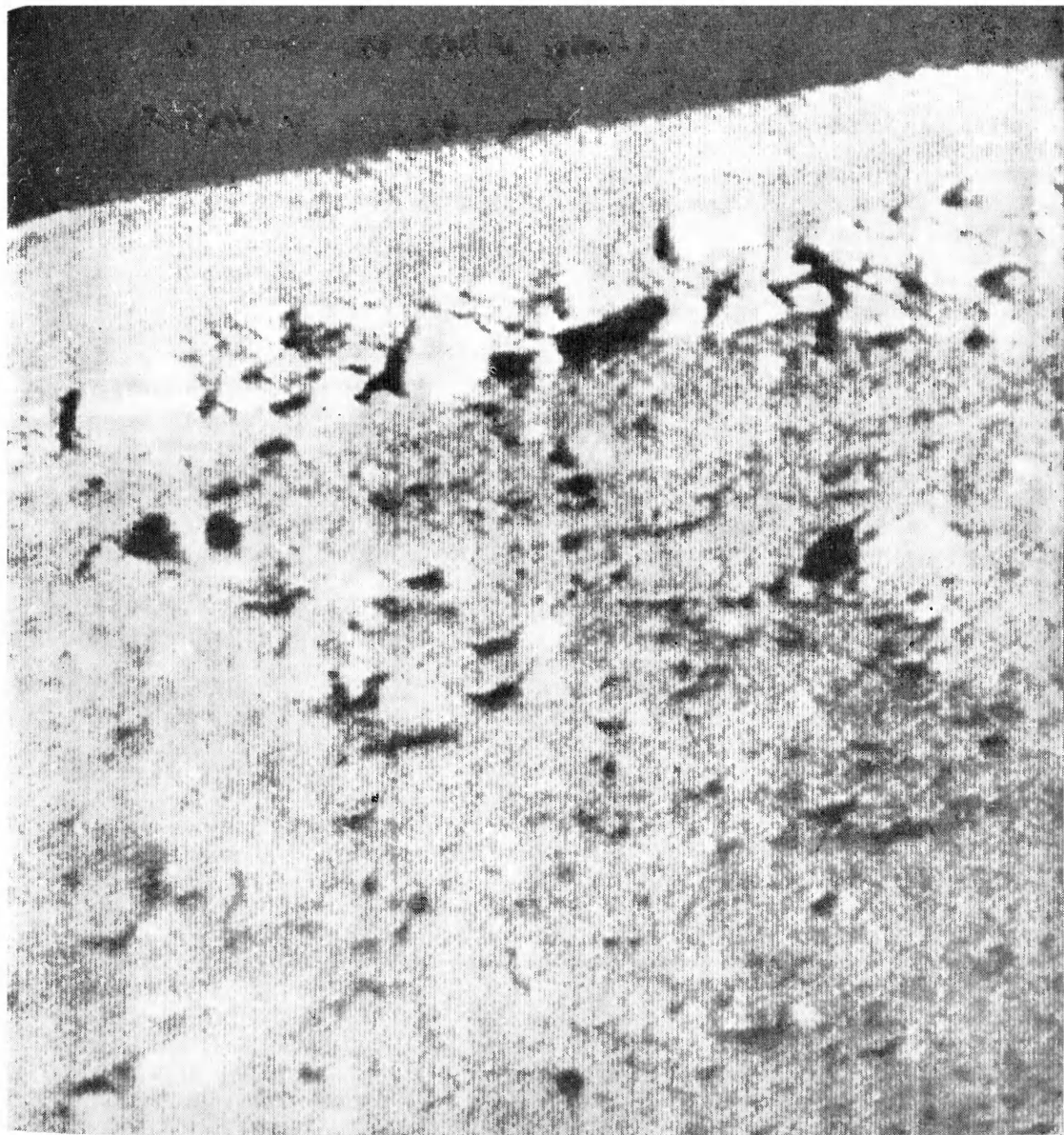
В фотосинтезе световая энергия вызывает реакцию, в которой энергия уходит в запас:



Здесь HCON означает группу молекул, из которых построены сахара, крахмал и другие углеводы. Если мы сосредоточим внимание на рекуперации (улавливание и использование) 90% углерода, то можно будет ограничиться только методами получения сахаров и крахмала, отказавшись от более сложных схем замкнутого микрокосмоса. Однако исследованные растения мало пригодны для такого простого и узкого использования. Хотя многие из них — особенно пшеница и картофель — образуют крахмал, но он у них накапливается в специальных органах — семенах или клубнях. Образование же этих органов идет медленно и зависит от сложных механизмов, управляемых интенсивностью, качеством и ритмом освещения. Существующие растения, видимо, не будут образовывать зерно и клубни при 14-суточных периодах света и темноты. Конечно, в период лунной ночи можно применять искусственное освещение. Но при малой эффективности процесса фотосинтеза и получения света будет, вероятно, практичнее использовать энергию для какого-нибудь другого способа циклизации метаболитов. Такая циклизация будет, скорее всего, основываться на использовании вегетативных частей растения, а не его органов размножения.

Потенциально полезные растения можно разбить на три группы: одноклеточные; высшие, растущие в воде; высшие, растущие в почве. Одноклеточные растения, например водоросли, могут иметь в космическом корабле то преимущество, что их удобно перекачивать через освещенные камеры в оболочке. В почве у них нет никаких преимуществ: они не только менее производительны, чем высшие растения в тех же условиях, но каждый фотосинтетический элемент у них одет в оболочку, способную противостоять всем опасностям нормального существования, и потому конечный продукт содержит много волокон, удалить которые трудно. Водоросли уже получили такую широкую и незаслуженную рекламу в качестве потенциальной пищи на Земле и в космическом полете, что здесь они обсуждаться не будут.

Водяные растения не получили распространения в качестве пищи, но могут быть столь же продуктивными, как и обычные сельскохозяйственные культуры. Здесь можно различить два типа: мелколистные, с рыхлой структурой, и крупные (например, водяной гиацинт). Первые интереснее, так как размножаются почкованием и их можно перекачивать насосами из чанов, где они растут, в места хранения или переработки. У растений, растущих под водой или на ее поверхности, нет постоянного испускания водяных паров в атмосферу. Еще неясно — преимущество ли это. Вероятно, в такой замкнутой системе, как космический корабль, это будет преимуществом, но им необходимо много места, а воздух, окружающий растения, нужно пропускать через холодную конденсационную камеру;



Лунные камни, сфотографированные американской лунной автоматической станцией «Сервейер-1»

тогда их испарение будет полезным добавлением к системе дистилляции воды.

Выбор между водяной культурой — безразлично, необходимо ли ей расти в воде или она только выдерживает такие условия, — и почвенной культурой зависит от многих факторов, которые трудно сравнивать между собой. Если Луна совсем лишена жизни, то на ней не будет ничего похожего на почву. Но тут можно возразить, что чем быстрее мы здесь образуем почву — путем ли измельчения скал, компостирования или другими способами, — тем лучше. На Земле экологическое взаимодействие с чрезвычайно сложной группой микроорганизмов играет роль «буфера», подавляя развитие более простых микробиальных систем. Мы, конечно, не станем намеренно вводить столбнячные палочки в свою новую среду, но если исключить немногочисленные патогенные группы, то чем массивнее и сложнее будет экологическая система, тем лучше она будет работать.

Большинство растений не выдерживает таких концентрированных растворов, как моча. Поэтому выращивание и водяной и почвенной культур нужно начинать с запаса воды, к которой добавлены азотистые выделения. А так как вода из почвы уходит, вследствие ли испарения или с собранным урожаем, то концентрация солей в ней поднимается настолько, что даже галофиты ее не выдерживают. Поэтому воду нужно удалять из почвы или чана и обессоливать ее путем дистилляции или электроосмоса. С другой стороны, может оказаться, что лучше обессоливать мочу, прежде чем применять ее в качестве удобрения; обрабатываемые объемы при этом будут меньше, но зато фосфор и калий будут теряться.

Воздух, соприкасавшийся с листьями, в которых шел интенсивный фотосинтез, может содержать только 0,02 % углекислоты вместо нормальных 0,03 %. Такова атмосфера, в которой производились почти все измерения полученного урожая. Опыты в шахтах, на подводных лодках и других местах с ограниченной вентиляцией показывают, что человек может выдержать до 1 % углекислоты в воздухе. Поэтому можно предположить, что углекислоте в атмосфере лунной базы можно позволить подняться до такой концентрации. Что касается азота, то нет доказательств, что он играет какую-либо роль в метаболизме человека или растений, кроме тех, которые живут в симбиозе с фиксирующими азот бактериями.

При конструировании жилых помещений в близких к вакууму условиях Луны всякое снижение внутреннего давления в них будет явным техническим достоинством. Далее, неизбежным будет некоторое просачивание воздуха из помещений и потери его во входных шлюзах. Едва ли вероятно, чтобы азот можно было доставлять на Луну, только чтобы сохранять привычные условия среды. Поэтому исследователи занимаются выращиванием возможных лунных урожаев в газовых смесях, содержащих до 5 % углекислоты и 95 % кислорода под давлением 100—200 мм рт. ст. Но у нас нет оснований полагать, что механизмы, под действием которых газовая смесь поступает сквозь устьица листьев, останутся неизменными в такой изменившейся среде.

Если в качестве источника света для фотосинтеза служит Солнце,

то растения будут подвергаться воздействию ультрафиолета и других компонентов солнечных вспышек, а также других излучений, от которых люди должны защищаться. Поэтому весьма вероятно, что люди будут входить в отсеки с растениями очень редко или же вовсе не будут туда входить, а весь уход будут осуществлять дистанционно. Возможно также, что эти отсеки будут экранироваться или же растения будут извлекаться из них для ухода или сбора урожая.

Фотосинтетическая активность культурных растений, возделываемых в умеренном поясе Земли, уменьшается с ростом интенсивности света: механизм фотосинтеза «насыщается». Некоторые растения, например маис и подсолнечник, развившиеся в хорошо освещенной среде, могут эффективно использовать и сильный свет. Эти различия зависят, вероятно, больше от способности растения поглощать углекислоту и таким образом использовать поглощаемый свет, чем от механизма поглощения света. Если так, то с повышением концентрации углекислоты они в значительной степени сгладятся; способность к использованию яркого света получит большая группа растений.

Температура лунной поверхности колеблется от $+90^{\circ}\text{C}$ или больше в полдень до -170°C ночью. Внутри отсека с растениями обычный «парниковый эффект» приведет к еще большему повышению температуры; но уже в нескольких футах под поверхностью она будет настолько низкой, что охлаждение путем циркуляции воды и воздуха через холодные области почти не представит трудностей. А так как Солнце будет светить по 300 часов подряд и испарение будет очень сильным, то для удаления водяных паров потребуются энергичная циркуляция воздуха.

На Земле никак нельзя воспроизвести одну черту лунной среды: малое ускорение силы тяжести. Высказывались предположения, что это приведет к сильному вытягиванию растений, но при этом не учитываются обычные биологические явления реакции; кость у животного развивается, реагируя на напряжения, а древесина в верхней части горизонтального сука имеет иной характер, чем в нижней. Рост растения в значительной мере регулируется такими веществами, как ауксины, и есть доказательства, что их образование контролируется силой тяжести. Поэтому нужно ожидать, что растения на Луне будут скорее приземистыми. Так как соответствующие опыты провести на Земле невозможно, то в группу растений, выбранных для испытаний на Луне, должны входить быстрорастущие представители всех видов.

Таким образом, можно перечислить факторы, влияющие на выбор хорошего фотосинтезатора на Луне. Это должны быть быстрорастущие солеустойчивые виды, способные использовать углекислоту в концентрациях выше обычных и освещение — до полного солнечного; они должны также обладать способностью энергично выделять водяные пары, не увядая при этом.

В идеальном случае для еды должно использоваться все растение целиком. Этот идеал, вероятно, недостижим. Поэтому придется выбирать растения с самой большой пропорцией съедобного материала или же такие, из которых можно получить возможно больше съедобного вещества наиболее простыми механическими способами. Как уже сказано, в необыч-

ных условиях освещения съедобной частью растения едва ли будет привычное зерно или клубень. Далее, если в период лунной ночи не применять искусственное освещение, то растение должно давать хороший урожай. Это указывает на неизбежность применения широколистных растений.

Почти половину органического вещества листьев можно, вероятно, выделить в форме, применимой для питания человека. Остальное — это целлюлоза, которую на Земле скормливают скоту, и такие вещества, как сахара, амиды, нуклеотиды, на которых можно выращивать микроорганизмы. Если взять подходящие листья и тщательно обработать их, то в целлюлозе останется менее $\frac{1}{5}$ белков. Жвачное животное за полный жизненный цикл отдает человеку около $\frac{1}{5}$ этого количества. Таким образом, в цикле с участием жвачного животного человек получает обратно меньше $\frac{1}{25}$ количества азота, первоначально поглощенного растением. Основная метаболическая роль жвачного животного состоит в превращении углерода целлюлозы в углекислоту, а это достигается гораздо проще при ее сжигании.

Жвачному животному нужно предпочесть выращивание микробов, приводящее либо к съедобному гидролизату, либо к съедобной же микробиальной массе. В настоящее время мы мало знаем о съедобности корней. Корни, которые окажутся несъедобными, вероятно, тоже можно будет подвергнуть обработке микробами. Быть может, еще лучше будет использовать субстрат для роста микробов лишь частично, а остальное гидролизировать.

В благоприятных земных условиях скорость увеличения сухого вещества растений достигает 50 г с 1 м² при 12-часовом световом дне. Это значит, что растения способны поглотить около 20 г углекислоты и выделить от 53 до 65 г кислорода, смотря по распределению материала в растении. Мы не знаем, может ли достичь такой скорости роста всякое растение, могущее быть использованным для питания человека, сохранится ли эта скорость при 300-часовом световом дне и увеличится ли она с повышением концентрации углекислоты в атмосфере. Однако можно предполагать, что 5—10 м² освещенной поверхности будет достаточно, чтобы поглотить углекислоту, выдыхаемую одним человеком на Луне в течение светлого периода. В сумерках и ночью углекислоту нужно будет поглощать химически. Будет ли она затем регенерироваться путем фотосинтеза или электрохимически — это тема для отдельной статьи.

На Земле понадобится провести множество исследований, прежде чем приступить к изучению жизни растений в лунных условиях. Нужно будет исследовать поведение множества различных их видов в атмосфере различного состава и при непрерывном ярком освещении; их поведение при удобрении преимущественно человеческими извержениями; их применимость в качестве пищи для человека с фракционированием и без него; физиологические эффекты при питании ими на протяжении месяцев; технические способы для возвращения несъедобных частей в цикл.

Все эти работы помогут нам понять основы физиологии растений, и некоторые из них найдут немедленное полезное применение.

...без сомнения, нужно продолжать наблюдения, поиски космической сигнализации в надежде, что мы встретим Разум столь похожий на наш, что мы узнаем его приметы. Но это, собственно говоря, только надежда, поскольку Разум, который мы когда-нибудь откроем, может настолько отличаться от наших представлений, что мы и не захотим назвать его Разумом.

Станислав Лем

5

Разум, отзовись!

Развитие мощных средств приема и передачи радиоволн открывает заманчивую перспективу радиообнаружения других разумных миров. Однако методология естественных наук и применение ее, в частности, к изучению астрономических объектов и явлений накладывает жесткие ограничения на возможность истолкования «странных» явлений в Космосе как проявления разумной деятельности. Достаточно вспомнить открытие таких объектов, как пульсары: трудно предположить, чтобы кто-либо решился уверенно утверждать их искусственное происхождение. Подобный подход, с одной стороны, открыл бы дорогу ненаучным спекуляциям на тему об искусственном происхождении некоторых сложных явлений, а с другой — наложил ненужный запрет на открытие и изучение в астрономии новых явлений

Создание специальных языков для межзвездной связи, как, например, линкос Фройдентала, выдвинуло принципиальный вопрос о том, возможна ли передача содержательной информации с помощью знаковой кодовой системы адресату, который заранее не знает смысла передаваемого, тем более принадлежит к другой цивилизации. Надо всегда иметь в виду, что понимание смысла любых знаковых выражений связано не с созерцательно-рассудочной работой сознания, а в конечном итоге со всей практической и социальной деятельностью человека.

Проблема поиска внеземных цивилизаций

В. А. АМБАРЦУМЯН,
академик

Нам представляется, что проблема внеземных цивилизаций может быть разделена на три части: а) вопрос о существовании внеземных цивилизаций в аспекте астрономических предпосылок для развития жизни и цивилизации в отдаленных планетных системах; б) задача обнаружения внеземных цивилизаций и связи между ними и в первую очередь нашей связи с ними; в) проблема языка и содержания информации, которая может передаваться. При этом очевидно, что эту последнюю проблему надо ставить по-разному в зависимости от того, имеем ли мы дело с односторонней или двусторонней связью. Ведь необходимо иметь в виду, что при больших расстояниях, превосходящих, скажем, тысячи световых лет, я уже не говорю о связи с другими галактиками, практически можно ставить вопрос лишь об односторонней связи, что в значительной мере ограничивает возможные цели этой связи и характер передаваемой информации.

Прежде чем разбирать вопрос о существовании цивилизаций в отдаленных планетных системах (мы уверены, что в нашей планетной системе нет развитых цивилизаций, кроме земной), следует остановиться на представлениях о возможных материальных системах, являющихся носителями таких цивилизаций.

В нашем обычном представлении носителем цивилизации может быть общество, состоящее из членов, более или менее подобных друг другу, каждый из которых способен принимать, накапливать, хранить, перерабатывать и выдавать информацию. Предполагается также, что сами эти члены являются биологическими организмами. Связь с внеземными цивилизациями рассматривается как связь с подобными обществами.

Однако можно вообразить себе и другие типы носителей внеземной цивилизации. Предварительные соображения показывают, что заранее нельзя отвергать возможность существования подобных носителей. Например, можно представить случай, когда носителем внеземной цивилизации будет единая кибернетическая система, не состоящая из автономных частей. Другим примером носителя, не похожего на человеческое общество, может служить система, состоящая из совокупности автономных, но строго специализированных кибернетических машин и автоматов.

Мы не будем продолжать фантазировать о возможных моделях носителей внеземных цивилизаций, но отметим, что, конечно, биологическое развитие, по-видимому, может погести на первых порах лишь к образованию систем, состоящих из отдельных членов, однако вслед за этапом биологического развития могут появиться условия для возникновения носителей иного рода.

На настоящем этапе наших знаний следует считать все же, что биоло-

гическое развитие является важнейшим условием для появления цивилизации независимо от тех форм, которые она в дальнейшем может принять. Поэтому вопрос об астрономических предпосылках существования внеземных цивилизаций — это прежде всего вопрос о диапазоне астрономических условий, при которых возможно возникновение жизни и последующее весьма длительное развитие, ведущее к появлению разумных существ и достижению тех или иных ступеней цивилизации. Если этот диапазон будет определен, то накопленные данные звездной астрономии могут служить основой для серьезных статистических расчетов о частоте встречаемости благоприятных условий. Правда, для этих расчетов не достает важного звена: мы еще не знаем общих закономерностей строения планетных систем, поскольку нам известно строение лишь нашей планетной системы. Вполне возможно, что такие свойства нашей планетной системы, как приблизительная компланарность и почти круговой характер планетных орбит, закон Бодя — Тициуса, характерны лишь для Солнечной системы или же являются частными проявлениями более общих закономерностей.

Повышение точности изучения собственных движений ближайших звезд на один порядок значительно улучшило бы положение дела. Но все же на примере Солнечной системы мы уже знаем, каковы возможные диаметры планетных орбит и размеры планет, что очень существенно для выяснения возможных условий вокруг других звезд.

Каковы же важнейшие астрономические параметры, значения которых определяют наличие предпосылок для появления жизни и цивилизации? Конечно, при этом имеется в виду жизнь на той же приблизительно химической основе, которая реализована на Земле.

Таковыми параметрами в первую очередь, по нашему мнению, можно считать: а) звездную постоянную, являющуюся для данной планеты аналогом солнечной постоянной и характеризующую поток энергии, падающей на единицу поверхности планеты; б) цветовую температуру звезды, имеющую огромное значение, поскольку фотохимические процессы весьма существенны для развития жизни; в) длительность жизни звезды.

Наряду с этими параметрами необходимо учитывать и такие, которые кажутся менее существенными, но значение которых в определенных условиях может быть решающим. К таким дополнительным параметрам относятся, например, наклон экватора планеты к плоскости ее орбиты; период вращения планеты вокруг своей оси; ускорение силы тяжести; двойственность или переменность звезды. Можно, например, думать, что сильная переменность служит фактором, затрудняющим нормальное развитие жизни.

Наряду с астрономическими параметрами весьма существенны различные планетографические и планетохимические характеристики. Очевидно, большую роль должно играть наличие атмосферы, ее состав и мощность. Как известно, для развития жизни весьма важную роль играло море, поэтому наличие или отсутствие океанов тоже имеет большое значение. Наконец, для развития цивилизации на ее первоначальных ступенях может иметь значение изрезанность рельефа, размеры материков и другие факторы, относящиеся к суше.

Не испытывая никаких сомнений относительно многочисленности космических объектов, где в данный момент существует жизнь и цивилизация, мы должны продумать более глубоко вопрос о возможных различиях в техническом уровне цивилизации. Хотя возраст человеческой цивилизации, в широком смысле этого слова, должен оцениваться несколькими тысячелетиями, все же современная техническая цивилизация имеет всего лишь двухвековую историю. С точки зрения рассматриваемого предмета весьма существенно также, что представления о звездной системе, т. е. те представления, на которых основаны идеи о множественности возможных цивилизаций, возникли и развились за последние два века. Между тем возрасты планет могут отличаться один от другого на миллионы лет. Отсюда, по-видимому, следует, что и уровни цивилизаций могут различаться между собой на миллионы лет. С этой точки зрения следует считать, что земная цивилизация имеет колыбельный возраст и что должны существовать огромные различия в уровне возможных внеземных цивилизаций.

Поэтому проблема связи между внеземными цивилизациями есть в основном проблема связи между цивилизациями, находящимися на совершенно различных уровнях развития. Каждый понимает, что уровень, темп развития и характер цивилизаций, начиная с определенного этапа, сильно меняются даже за одно столетие. Трудно даже представить поэтому те грандиозные изменения, которые могут произойти за сотни тысяч и миллионы лет. Практическая задача состоит в том, чтобы, находясь в колыбельном возрасте, найти наиболее разумные технические решения, а также язык для связи с цивилизациями, находящимися на гораздо более высоком уровне развития.

Казалось бы, что впредь до обнаружения внеземных цивилизаций работа по этой проблеме должна сводиться лишь к разумному планированию и к практическим поискам сигналов, которые могут оказаться самой неожиданной природы и могут быть закодированы в расчете на прием со стороны цивилизаций гораздо более высокого уровня, чем наша младенческая. На самом же деле оказывается, что сама постановка вопроса о связи между цивилизациями вызывает необходимость исследования ряда проблем, имеющих самостоятельное научное значение. Упомянем, например, вопрос об искусственности сигналов и сообщений.

Поскольку Вселенная никогда не может быть изучена до конца вследствие неисчерпаемости ее явлений и даже закономерностей, то каким бы правильным и обладающим внутренними закономерностями (простыми или сложными) ни было бы данное принятое нашими приборами сообщение из Вселенной, мы не можем в принципе исключить, что оно является результатом какого-либо неизвестного нам естественного процесса.

Простой иллюстрацией этого утверждения является естественная природа радиосигналов, получаемых нами от пульсаров.

Допустим, например, что из Вселенной принято повторяющееся много раз сообщение

11 001 001 11 001 001 11 001 001

Оптимист может сказать, что число 11 001 001 дает написание числа π в двоичной системе с точностью до седьмого знака после запятой,

и настаивать на том, что это позывные от некоей цивилизации, решившей, что периодическое воспроизведение числа π будет легко понято как искусственный сигнал. Пессимист легко придумает простой физический механизм (например, вращающийся космический источник специально подобранного типа) для объяснения этого явления. Таким образом, из приведенной записи, при отсутствии дополнительной информации, мы не сможем сделать однозначного заключения. Точнее, если оптимист не приведет аргументов на основе какой-нибудь дополнительной информации, большинство ученых из естественной в таких случаях осторожности скажет, что, вероятно, прав пессимист.

Пусть, однако, мы имеем периодически повторяющиеся сообщения объемом не в восемь битов, как выше, а в двести битов. И пусть это сообщение состоит из двух частей по сто битов каждая, которые представляют собой закодированное двумя очень простыми, но совершенно различными способами значение числа π с точностью до сотого двоичного знака. Тогда предположение о естественности получаемых сигналов покажется всем крайне маловероятным, хотя оно и не может быть исключено абсолютно. Из приведенного примера видно, что нельзя придумать никакого абсолютного критерия искусственности сигналов.

Вопрос о возможных критериях, характеризующих степень правдоподобия предположения об искусственности данного сообщения, может стать предметом специального исследования и независимо от проблемы внеземных цивилизаций.

Сказанное относится к обнаружению позывных сигналов, которые должны быть сознательно сконструированы внеземными цивилизациями так, чтобы по возможности яснее продемонстрировать их искусственную природу. Что касается расшифровки сообщений, представляющих собой содержание самого вещания, то это уже другая проблема — проблема отыскания кода. Не исключено, что наряду с позывными были бы полезны специальные сигналы, позволяющие догадаться о характере кода.

Из последних замечаний видно, насколько интересны научно-технические проблемы теории сообщений адресату, который не знает ни нашего языка, ни обычных у нас способов кодирования.

Множественность обитаемых миров и проблема установления контактов между ними

И. С. ШКЛОВСКИЙ,
член-корреспондент АН СССР

Проблема, сформулированная в заглавии статьи, имеет многовековую историю. Однако только в наши дни она может быть поставлена на научную основу.

Это объясняется прежде всего теми исключительными успехами, которые были достигнуты в астрофизике, радиоастрономии, кибернетике, биологии на молекулярном уровне и в смежных науках за последние одно-два десятилетия. Само развитие наук о природе и обществе с необходимостью ставит эту проблему именно в наши дни. Нельзя считать случайностью тот факт, что за последние несколько лет появилось уже свыше 150 работ, посвященных различным аспектам этой проблемы. Выходят сборники статей, устраиваются первые конференции. Есть все основания утверждать, что мы являемся свидетелями возникновения новой науки, находящейся на стыке таких наук, как астрофизика, радиоастрономия, биология, техника и социология, науки, еще не получившей своего названия, но уже привлекающей самое пристальное внимание не только специалистов, но и широких слоев общественности.

Каковы же те конкретные достижения науки, которые сделали возможной в наши дни серьезную постановку вопроса о множественности обитаемых миров во Вселенной и о типах возможных контактов между ними?

1. Установление с большой вероятностью важнейшего факта огромной распространенности планетных систем в Галактике. Помимо хотя и косвенных, но достаточно убедительных аргументов, связанных с особенностями вращения звезд различных спектральных классов вокруг своей оси, недавно появилось и прямое доказательство.

Известный американский специалист по фотографической астрометрии Ван де Камп в 1963 г. нашел, что одна из самых близких к нам звезд — Летящая звезда Барнарда — имеет невидимого спутника рекордно малой массы. Измерение ничтожно малых колебаний в собственном движении этой звезды (равном $10''$ в год — наибольшая величина из всех известных) позволило сделать вывод, что масса вызывающего эти малые колебания невидимого спутника всего лишь в 1,5 раза больше массы Юпитера, большая полуось довольно эксцентричной орбиты равна 4,4 астрономической единицы, а период обращения составляет 24 года. Сама звезда Барнарда представляет собой красный карлик спектрального класса М5, ее радиус составляет $\frac{1}{6}$ солнечного, а масса — 0,15 солнечной.

Объект с массой всего лишь в 1,5 раза больше массы Юпитера не может быть самосветящимся телом. Слишком низка температура его недр — всего лишь несколько сот тысяч градусов. Поэтому термоядерные реакции, являющиеся источником энергии подавляющего большинства звезд, там почти не будут происходить. Такое космическое тело почти наверняка является планетой-гигантом, сходной с нашим Юпитером.

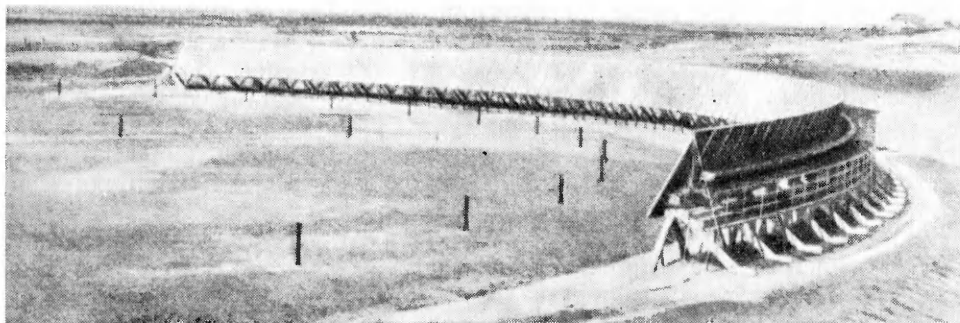
Тот факт, что около одной из самых близких к нам звезд оказалась планета, со всей убедительностью говорит об огромной распространенности планетных систем в Галактике, и в этом величайшее значение открытия Ван де Кампа. Правда, следует иметь в виду, что орбита гигантской планеты, движущейся вокруг звезды Барнарда, является резко эллиптической, в то время как орбиты почти всех планет Солнечной системы, в том числе планет-гигантов Юпитера и Сатурна, близки к круговым. Неясно, может ли такое различие иметь качественный характер.

Во всяком случае множественность планетных систем в Галактике представляется установленной с весьма высокой степенью вероятности.

2. Большое значение для обсуждаемой проблемы имеют недавние общеизвестные успехи биологии на молекулярном уровне, биофизики и биохимии, которые впервые приоткрыли завесу над тайной происхождения и сущности жизни. Без этих успехов биологических и химических наук не может быть и речи о понимании возникновения жизни на Земле и других планетах. Следует, однако, подчеркнуть, что пока только намечены пути решения этой проблемы. Еще предстоит решить с научных позиций проблему закономерности возникновения жизни на Земле, для чего надо иметь четкое представление о догеологическом периоде эволюции нашей планеты. Это требует поднятия уровня планетной космогонии хотя бы до уровня звездной, чего пока заведомо нет. Следует, правда, заметить, что и здесь в настоящее время намечаются сдвиги, связанные, например, с выяснением решающей роли электромагнитных процессов.

3. Для проблемы установления контактов с внеземными цивилизациями решающее значение имеют исключительные достижения радиоастрономии за последние годы. В этой связи следует подчеркнуть важность технической революции в радиофизике, связанной с появлением квантовых усилителей излучения (мазеров) и сооружением антенных устройств с большой эквивалентной поверхностью. Все это привело к такому повышению потенциальных возможностей радиофизики, что уже в наши дни оказывается в принципе возможной радиосвязь на расстоянии в несколько десятков световых лет. В сфере такого радиуса уже можно насчитать несколько сот звезд. Вполне реальной перспективой ближайшего десятилетия станет увеличение потенциальной дальности связи еще на порядок, что соответствует уже достаточно «солидному» расстоянию около 100 парсек. Заметим, что в пределах сферы такого радиуса насчитывается уже несколько сот тысяч звезд.

4. Важнейшим фактором при исследовании проблем установления контактов с внеземными цивилизациями будут успехи кибернетики. Использование идей и методов кибернетики совершенно необходимо при анализе таких проблем, как поиски характеристик сигналов оптимального характера и проблемы автоматов. Кибернетика уже в наши дни ставит



Большой пулковский радиотелескоп

вопрос о возможности форм жизни (в том числе разумной) искусственного происхождения. Эта последняя проблема в будущем может приобрести совершенно исключительное значение.

5. Проникновение человека в Космос и освоение космического пространства являются важнейшей причиной, стимулирующей исследования в обсуждаемой области. Неодолимый и закономерный процесс экспансии человечества в Космос самым наглядным образом демонстрирует возможность разумной жизни. Мы с полным правом можем рассматривать этот процесс как качественно новый этап в развитии человечества. За какие-нибудь десять лет сфера деятельности человечества увеличилась во много тысяч раз. Но мы свидетели только самой начальной стадии этого процесса, и трудно даже представить, к каким радикальным изменениям в жизни человеческого общества он приведет в перспективе ближайших нескольких столетий.

Неудержимое распространение активной, преобразующей деятельности человечества на все околосолнечное пространство неизбежно должно привести к созданию искусственной биосферы, объем которой на 10—15 порядков больше, чем естественной. В связи с вышесказанным позволю себе процитировать одного довольно известного писателя: «... Впрочем, никто не понимает истинного значения того времени, в котором он живет. Старинные мастера рисовали харчевни и святых Себастьянов, когда Колумб на их глазах открыл Новый Свет» (А. Конап Дойль. «Магическая дверь»).

Самое непосредственное отношение к интересующей нас проблеме имеет вполне реальная возможность решить вопрос о наличии жизни на ближайших к нам планетах путем прямого биологического эксперимента. Есть все основания полагать, что эта проблема будет решена в самом

ближайшем будущем. Если, например, будет экспериментально установлено наличие хотя бы самых примитивных форм жизни на Марсе с его крайне суровыми условиями, это будет фактически подтверждением концепции, что жизнь как высшая форма существования материи закономерно возникает на планетах. Ибо в Галактике могут быть миллиарды планет, расположенных на подходящих расстояниях вокруг звезд спектральных типов F8-KO, условия на которых гораздо более благоприятны, чем на Марсе.

Если даже будет доказано, что примитивные формы жизни на Марсе были когда-то занесены с Земли спорами, это не умалит значения сделанного вывода. Кстати, в современных условиях проблема панспермии должна быть поставлена заново. Доказана поразительная стойкость и приспособляемость простейших микроорганизмов и их спор к чудовищным дозам облучения. В идее панспермии никакого философского «жупе-ла» нет, если, конечно, не придерживаться антинаучного взгляда на извечность жизни. Вселенная эволюционирует, и ее ранние стадии эволюции исключают возможность жизни. Мне представляется нелепым утверждение, что «автономное» возникновение жизни на планетах есть утверждение материализма, а «опыление» их спорами из мирового пространства — идеализм. Только научные аргументы и прежде всего эксперимент, наблюдения могут решить этот вопрос.

Чрезвычайно существенным является следующий вопрос: коль скоро жизнь на какой-нибудь планете возникла и прошла сложный и длинный эволюционный путь, непрерывно совершенствуясь, должна ли она с необходимостью на каком-то этапе стать разумной? Я полагаю, что это совершенно необязательно. Более того, приходится считаться с возможностью, что вероятность появления разумной жизни на данной планете очень мала. Наконец, есть и кардинальной важности вопрос о длительности эры разумной жизни на какой-нибудь планете (обозначим эту величину t). Эта проблема довольно неопределенна. Почти все зарубежные исследователи и многие ученые в нашей стране обоснованно полагают, что эта продолжительность во всяком случае меньше космогонических шкал времени T ($T \sim 10^9 - 10^{10}$ лет). Следует подчеркнуть, что для рассматриваемой проблемы вопрос этот имеет отнюдь не академический интерес. Легко получить, например, формулу, дающую среднее расстояние d между двумя «цивилизациями-современницами»:

$$d = 5,2 \left(\frac{T}{t} \right)^{1/4} \text{ парсек.}$$

Хотя зависимость от t слабая, все же, если $t \sim 10^5 - 10^6$ лет, то при самых оптимистических предположениях (число планетных систем в Галактике порядка многих миллиардов и на каждой планете обязательно возникает разумная жизнь) получается, что $d \sim 100$ парсек.

Следует, однако, иметь в виду возможность того, что некоторые цивилизации, достигнув весьма высокого уровня развития и преодолев неизбежные кризисы и противоречия, могут иметь гораздо большие временные шкалы развития, может быть, даже близкие к космогоническим. Кстати замечу, что длительность технологической стадии развития цивили-

лизации даже в 10^5 лет — величина огромная, которая может привести к самым радикальным последствиям.

Теперь мы резюмируем исходные данные, необходимые для научного анализа проблемы возможности установления контактов между планетными цивилизациями. В самом благоприятном случае расстояния между цивилизациями — порядка межзвездных, т. е. 3—5 парсек. Это, однако, крайне маловероятно, ибо при такой оценке не учитывается огромное количество факторов. Наконец, отрицательный результат недавних наблюдений по проекту «Озма» противоречит этой оптимистической оценке.

Минимальное среднее расстояние до ближайшей инопланетной цивилизации должно быть скорее всего около 300 парсек. Это следует из таких предположений:

- все звезды спектральных классов F8-KO имеют планетные системы, причем по крайней мере одна планета в системе пригодна для развития жизни, каковая на ней с неизбежностью возникает;

- произведение $\alpha \frac{t}{T} \sim 10^{-5}$ (где α — вероятность того, что жизнь, эволюционируя, станет разумной, t — длительность психозойской эры, T — возраст звезды). Следует, однако, считаться с возможностью, что d может быть много больше, чем 300 пс, причем не исключено, что наша цивилизация — единственная в Галактике, но, конечно, не во Вселенной.

Коль скоро представляется достаточно обоснованным утверждение, что мы не одиноки во Вселенной, возникает проблема возможности установления контактов между цивилизациями.

Мыслимы следующие типы контактов:

- межзвездные перелеты, в частности посылка автоматических кибернетических зондов;

- сигналы электромагнитного излучения.

По-видимому, первый способ (по крайней мере для установления контактов) бесперспективен. Не говоря уже о том, что он недоступен технике сегодняшнего дня, он не имеет будущего.

Вопреки мнению писателей-фантастов межзвездные фотонные ракеты, движущиеся с релятивистской скоростью, вероятнее всего, никогда не будут построены. Каждой эпохе свойственно переоценивать свои технические возможности. Вспомним в этой связи, что в XIX столетии серьезно обсуждались проекты полета на Луну с помощью... парового двигателя. Еще раньше некоторые писатели-фантасты надеялись совершить такое путешествие... на воздушном шаре. В наши дни мы явно переоцениваем возможности реактивной техники. Эта техника идеальна при полетах на межпланетные расстояния и для будущего преобразования около-солнечного пространства. Более того, ракеты могут быть мощным средством постепенной экспансии цивилизации от одной планетной системы к другой, находящейся в непосредственной близости. В последнем случае, однако, движение ракет будет происходить с нерелятивистской скоростью. Но как средство установления контактов между разделенными межзвездными расстояниями цивилизациями даже фотонные ракеты непригодны.

Коль скоро это так, следует искать другие возможности.

Идея установления контактов путем организации каналов связи на

электромагнитных волнах впервые была высказана Коккони и Моррисоном в 1960 г. Их работа, собственно говоря, и послужила стимулом для всех дальнейших исследований в этой области. Анализ показывает, что наиболее целесообразно, экономично и перспективно использование волн радиодиапазона. В пределах этого диапазона наиболее целесообразно использовать диапазон сантиметровых и коротких дециметровых волн. Коккони и Моррисон исходят из возможности связи на волне 21 см. Вскоре Дрейк попытался обнаружить сигналы искусственного происхождения от ближайших подходящих звезд ϵ Эридана и τ Кита (проект «Озма»). Нам, однако, представляется, что проект «Озма» порочен в своей основе по двум причинам.

Предполагается, что цивилизации могут быть около ближайших звезд, что крайне маловероятно. Если же $d \sim 100\text{--}300$ пс — задача связи путем направленных пучков становится весьма затруднительной, ибо на таком расстоянии находится по крайней мере 10^5 звезд.

Основным, на наш взгляд, дефектом идеи Коккони—Моррисона и ее реализации Дрейком является их предположение, что уровень технологического развития внеземных цивилизаций примерно такой же, как и нашей. Поэтому и считается, что мощность приемников и передатчиков, применяемых внеземными цивилизациями, примерно такая же, как современная на Земле. Но такое утверждение принципиально неверно. Общеизвестно, что шкала времени технологического развития цивилизации исключительно коротка. Поэтому, если во Вселенной имеются цивилизации, уровни их развития должны быть самые различные. Подавляющее большинство цивилизаций должно иметь уровень технологического развития неизмеримо выше нашего. Ибо мы еще младенцы в технологии и науке. Еще нет 70 лет, например, после открытия возможности радиосвязи. Еще не прошло 30 лет после открытия ядерной энергии. Еще не освоен термоядерный синтез.

Поэтому, анализируя проблему установления контактов между цивилизациями, необходимо уже «в нулевом приближении» учитывать весьма высокий уровень технологического развития инопланетных цивилизаций. Такой учет диктуется потребностями практики, ибо техническая сторона реализации проекта определяется исходными предпосылками. Единственным способом оценки технического уровня внеземных цивилизаций является анализ возможностей технологического развития нашей цивилизации. Это нелегкая, а главное — неопределенная задача. Однако без такого анализа продвижение невозможно. До некоторой степени задача облегчается тем, что бессмысленно давать какую бы то ни было детализацию картины. Важно оценить темпы и масштабы деятельности цивилизации.

Решающее значение имеет исключительно короткая шкала времени развития технологии. Полезно напомнить, что наука и технология в современном смысле этого слова возникли всего лишь 10 поколений назад. Галилей заложил основы механики, и это, конечно, послужило началом ее развития. И вот теперь, спустя всего лишь 350 лет, технология стала фактором космического значения, ибо ее возможности уже сегодня перешагнули скромные масштабы земного шара. Я останавлиюсь только на двух примерах.

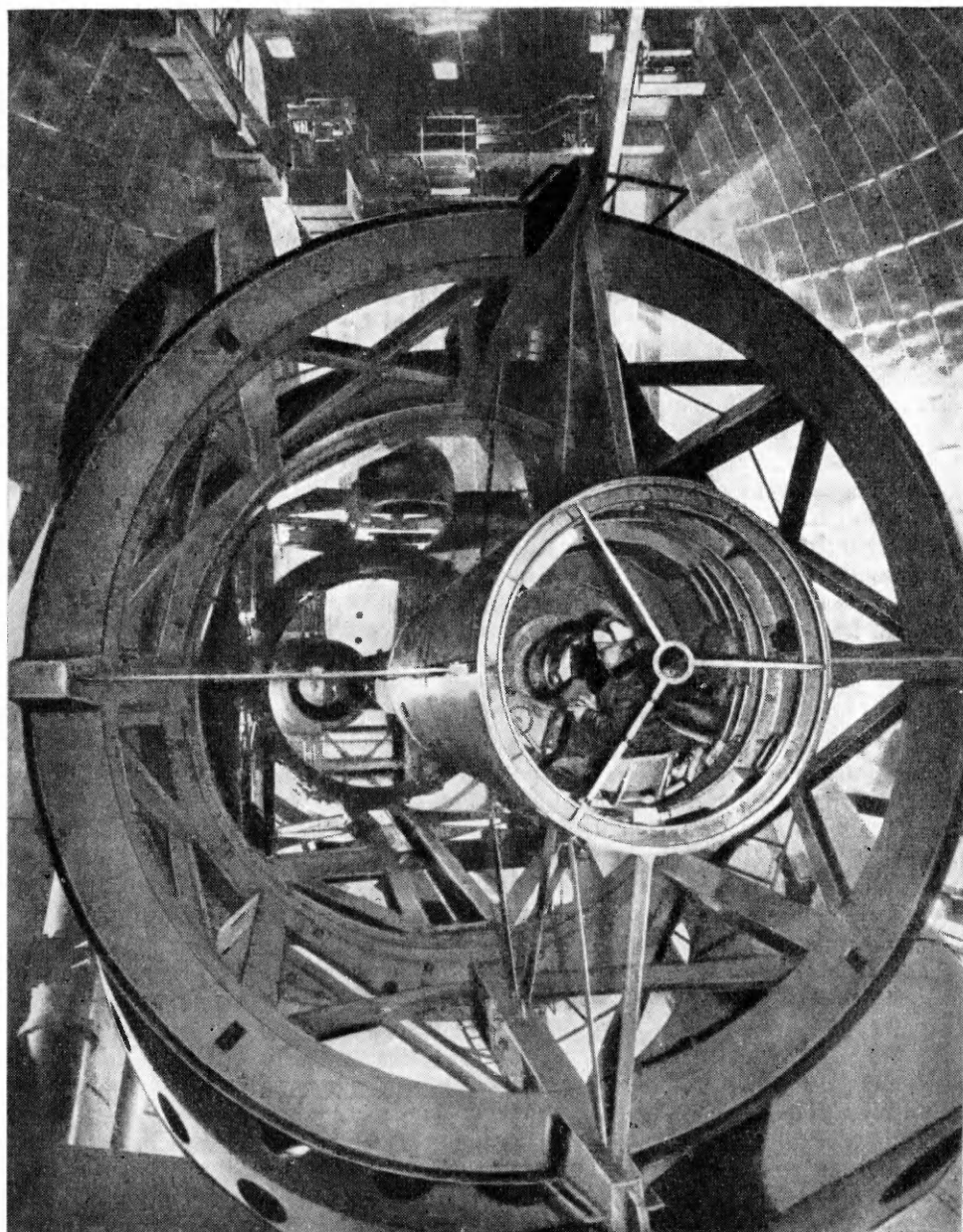
По причине телевидения Земля на метровых волнах излучает в мировое пространство примерно 1 вт/гц (на Земле имеется несколько тысяч телепередатчиков со средней мощностью 20 квт). Яркостная температура Земли на метровых волнах около 10^8 градусов. Земля по мощности радиоизлучения на метровом диапазоне — второе тело в Солнечной системе после Солнца. Мощность ее излучения в 10^6 раз больше, чем у Венеры и Марса.

Высотные ядерные взрывы совершенно исказили такую важнейшую космическую характеристику Земли, как радиационные пояса. Это изменение, возможно, не «рассосется» и, по-видимому, останется.

Далеко не всегда человечество сознает последствия своей деятельности. Я позволю обратить внимание еще на один аспект деятельности человечества, который для интересующей нас проблемы может иметь решающее значение. Речь идет о производстве энергии и стремительных темпах его увеличения. В настоящее время человечество производит примерно $3 \cdot 10^{19}$ эрг/сек. Сейчас удвоение производства энергии происходит каждые 20 лет. Эта тенденция довольно устойчива. С течением времени темпы производства энергии растут. При таких темпах через 200 лет производство энергии достигнет уровня $3 \cdot 10^{22}$ эрг/сек, или приблизительно 1% потока солнечной энергии, падающего на Землю. Учитывая рост темпов производства энергии, это может произойти даже раньше. Дальнейшее увеличение производства энергии повлечет за собой изменение теплового режима Земли. Разумеется, до этого начнется широкое использование солнечной энергии, но здесь есть предел — вероятнее всего, можно будет использовать 10% от всего потока. Так или иначе, меньше чем через 300 лет вопрос будет стоять исключительно остро. Некоторые зарубежные авторы считают, что придется строжайше запретить дальнейшее развитие энергетики и заставить ее. Вряд ли, однако, это возможно. Скорее всего мощные энергетические системы будут вынесены в космическое пространство и здесь человечество получит огромные (хотя все-таки ограниченные) возможности развития.

Процесс вынесения в Космос мощных агрегатов неизбежно начнется гораздо раньше в связи с большой радиационной опасностью, которую представляет размещение таких установок на Земле, а также в связи с необходимостью постановки экспериментов и организацией новых видов производства, требующих больших пространственных масштабов. Характерно, что уже сейчас выдвигаются смелые, но вполне реальные проекты важных экспериментов, использующих космические базы (например, проект Кардашова — Слыша установки на искусственном спутнике Луны радиointерферометра). Именно по этим причинам пионерные исследования Космоса и выход туда человека имеют всемирно-историческое значение.

Коль скоро человечество с неизбежностью начнет осваивать и преобразовывать Солнечную систему, его энергетические и материальные ресурсы неимоверно возрастут. Величина 10^{33} эрг/сек не является пределом, поскольку часть массы планет может быть использована как горючее для термоядерных реакций синтеза. По разным критериям можно считать, что шкала времени освоения и преобразования человечеством



Крупнейший пятиметровый рефлектор (обсерватория Маунт Паломар, США)

Солнечной системы — порядка нескольких тысяч лет, во всяком случае менее 10^4 лет, т. е. ничтожно мала по сравнению с космическими шкалами. Отсюда следует важнейший вывод: если в Галактике имеются цивилизации, то очень многие, если не большинство, достигли уровня технологического развития, который характеризуется освоением производства энергии около 10^{33} эрг/сек и серьезным преобразованием «своих» планетных систем. Линейные размеры искусственной биосферы в пределах 10^{13} — 10^{15} см вполне возможны. Мы ничего здесь не говорим о конкретных проектах переустройства планетных систем, которые уже имеются, например о сфере Дайсона, поскольку дело не в этом. Важна только оценка потенциальных энергетических возможностей такой «сверхцивилизации».

Но можно ли ограничить развитие и распространение разумной жизни только данной планетной системой? Я думаю, что нет. Нет и не может быть ограничений возможностей такой высокоорганизованной формы существования материи, каковой является жизнь.

В принципе возможна, например, такая ситуация. Освоив свою планетную систему, высокоразвитая цивилизация начнет процесс «диффузии» к соседним звездам. Необязательно даже, чтобы они имели свои планетные системы. Ведь разумные существа вполне освоили технику создания искусственной биосферы. Преобразование окрестностей соседней звезды может занять несколько тысяч лет. Транспортировка туда материалов займет несколько сот лет, т. е. меньше, чем время, потребное для преобразования звезды-соседки. «Организованная» таким образом звезда-соседка в свою очередь станет центром диффузии. Можно ожидать, что такой диффузионный процесс, совершенный по единому плану, охватит всю Галактику за несколько десятков миллионов лет. Скорее всего, это произойдет даже быстрее, ибо развитие такой сверхцивилизации будет идти не только количественно, но и качественно.

Реализация такого проекта позволит повысить уровень производства энергии до 10^{43} эрг/сек или даже больше. Существенно, что не видно причин, почему бы в некоторых галактиках развитие цивилизации не пошло таким образом. Отсюда следует второй вывод: мыслимы такие цивилизации, которые освоили производство энергии на уровне 10^{43} эрг/сек и создали искусственную биосферу в масштабах звездной системы, т. е. в пределах 10^{22} — 10^{23} см.

Мы далеки от утверждения, что обрисованная выше картина есть неизбежный путь развития всякой цивилизации. Нужно ясно понимать, что на этом пути развивающуюся цивилизацию ожидают глубокие кризисы. И очень вероятно, что какой-либо из них окажется роковым. Можно указать на несколько таких возможных кризисов-противоречий, которые видны уже сейчас:

- самоуничтожение в результате термоядерной катастрофы или вообще открытия, которое может привести к непредвиденным и неконтролируемым последствиям;

- генетическая опасность (т. е. опасность вырождения);

- перепроизводство информации;

- ограниченная емкость мозга индивидуумов, что может привести

к чрезмерной специализации. Такая ситуация также чревата вырождением;

— кризис, связанный с появлением искусственных разумных существ.

Возможны и другие типы кризисов и противоречий, о существовании которых мы сейчас и не подозреваем.

Наконец, общество может и не пойти по пути «количественной» экспансии. Законсервирав уровень энергетики, запретив выход (неконтролируемый) в Космос, цивилизация может пойти по некоему пути «качественного самоусовершенствования», появятся совершенно новые интересы. С моей точки зрения, такая ситуация равносильна вырождению. Но допустим, что это не так. В таком случае, я полагаю, никто все же не станет утверждать, что такая «потеря интереса» есть единственно возможный тип развития.

Обсуждаемые вопросы не носят такого уж схоластического содержания, как это может на первый взгляд показаться. Для проблемы установления радиоконтактов возможность существования сверхцивилизаций, располагающих энергией в пределах 10^{23} и даже 10^{43} эрг/сек, имеет решающее значение, как это показано в работах Н. С. Кардашова.

Остается обсудить еще один вопрос: будут ли такие сверхцивилизации вообще посылать радиосигналы с целью установления контактов? Вопрос этот в значительной степени риторический. Следует прежде всего иметь в виду, что для сверхцивилизации наша и подобные ей цивилизации, находящиеся на эмбриональном уровне, представляют огромный интерес. Ведь интересно же для нас не только первобытное общество, но даже общества муравьев, пчел и пр. Не менее интересны и важны для нас детали структуры и организации простейших микроорганизмов.

Радиосвязь возникла совсем недавно. Возникает еще вопрос: будет ли и в дальнейшем радиосвязь играть определяющую роль. Скорее всего — да, если наши представления о природе и ее основных закономерностях верны. Ибо доказано, что из всех мыслимых типов связи радиосвязь является наиболее экономичной и информативной.

Наконец, мы чисто объективно, путем наблюдений, можем заметить весьма удаленные от нас сверхцивилизации потому, что связанные с ними объекты не подчиняются закономерностям неживой материи или приводят к характеристикам удивительным и даже неестественным. Мы подошли к проблеме «космического чуда» — проявления в космических масштабах деятельности разумных существ.

Так обстоит дело с постановкой вопроса о внеземных цивилизациях и о возможностях установления контактов с ними. Следует подчеркнуть, что решающее слово принадлежит теперь эксперименту, наблюдениям, разумно и планомерно поставленным.

Радиосвязь с внеземными цивилизациями

В. А. КОТЕЛЬНИКОВ,
академик

В пределах нашей Галактики радиосвязь с внеземными цивилизациями возможна даже при современном уровне развития техники. Покажем это на примере. Пусть эффективная площадь нашей приемной антенны будет $10\,000\text{ м}^2$; ее шумовая температура 30° К ; волна $0,1\text{ м}$; стабильность частоты гетеродинов приемника и компенсация переменного доплеровского сдвига частоты, происходящего за счет движения Земли, лучше 10^{-10} . Такие параметры современная освоенная земная техника получить позволяет.

Пусть внеземная цивилизация для передачи к нам сигналов имеет установку с параметрами: эффективная площадь антенны (или сумма площадей одновременно работающих антенн) $100\,000\text{ м}^2$, средняя мощность передатчика 10^9 вт , стабильность частоты и компенсация переменного доплеровского сдвига частоты за счет движения передатчика лучше 10^{-10} . Передающую установку с такими параметрами (при выделении необходимых средств) можно было бы с помощью нашей техники разработать и создать в течение нескольких лет. Учитывая то, что у ряда внеземных цивилизаций возраст может быть существенно больше, чем у земной, осуществимость такой установки не должна вызывать сомнений.

Пусть для связи используются ортогональные сигналы, скажем, длительные посылки синусоидальных колебаний, частоты которых определяют передаваемую информацию. При стабильности частоты лучше 10^{-10} такие частоты могут быть расположены через $0,3\text{ гц}$. В этом случае при передаче на расстояние $100\,000$ световых лет (диаметр нашей Галактики) и использовании полосы частот, соответствующей 10% от средней частоты, с указанной аппаратурой возможна связь со скоростью 1 двоичная единица информации за 40 сек . При уменьшении расстояния возможная скорость передачи информации быстро растет: так, при расстоянии $10\,000$ световых лет при той же аппаратуре за счет уменьшения времени, потребного для накопления энергии от сигнала, скорость передачи информации может быть уже около 10 двоичных единиц в секунду. При расстоянии 200 световых лет скорость передачи может быть около $10\,000$ двоичных единиц в секунду.

Для осуществления такой передачи необходимо, чтобы антенна внеземной цивилизации была направлена на Землю, а земная антенна направлена на внеземную цивилизацию.

Вероятность случайного совпадения этих направлений чрезвычайно мала, так как при принятых больших эффективных площадях антенны (это необходимо, чтобы получить достаточную энергию сигнала в прием-

нике) их диаграммы направленности получаются очень узкими. Действительно, главный луч антенны имеет телесный угол

$$\psi = \frac{\lambda^2}{S} \text{ стерорадиан,}$$

где S — эффективная площадь антенны, λ — длина волны.

Для выбранной передающей антенны получим

$$\psi_1 = \frac{(0,1)^2}{10^7} = 10^{-7}.$$

Для приемной

$$\psi_2 = \frac{(0,1)^2}{10^4} = 10^{-6}.$$

Таким образом, вероятность случайного совпадения направления будет

$$P = \left(\frac{\psi_1}{4\pi} \right) \left(\frac{\psi_2}{4\pi} \right) = 6 \cdot 10^{-16}.$$

Если искать друг друга методом случайных проб, затрачивая на каждый промер, скажем, 3 сек., то для нахождения цивилизации потребуются время τ/P , или больше 10^8 лет. (3 сек. — время когерентного накопления при стабильности частоты 10^{-10} и волне 0,1 м. При таком времени и принятых ранее параметрах аппаратуры можно более или менее уверенно обнаружить сигнал с расстояния 10 000 световых лет. Для расстояний 100 000 световых лет это время надо существенно увеличить.)

Таким образом, основная трудность для осуществления связи — это найти внеземную цивилизацию, чтобы направить нашу антенну на нее, а ей узнать, что Земля готова принимать радиосигналы, и направить антенны в нашу сторону.

Расчет показывает, что цивилизацию уровня земной на межпланетных расстояниях мы можем обнаружить по излучению всевозможных радиоустройств, безсылки ею специальных радиосигналов. Но мы ее не можем обнаружить уже с ближайшей звезды.

Таким образом, чтобы находящаяся около некоторой звезды цивилизация могла быть нами обнаружена в радиодиапазоне, у нее должны работать для каких-либо нужд (непонятно для каких) существенно более мощные, чем на Земле, радиопередатчики или одна должна излучать сигналы, специально предназначенные для того, чтобы дать о себе знать.

Предположим последнее — пусть развитая цивилизация, желая дать знать о себе, посылает сигналы поочередно на все звезды, находящиеся на расстоянии до 200 световых лет, с помощью аппаратуры с параметрами, принятыми выше.

Если принять, что каждая звезда будет облучаться в течение 3 сек. и что в сфере радиусом 200 световых лет лежит около 100 000 звезд, то весь цикл займет около 4 суток. Для того чтобы достаточно надежно обнаружить сигналы от такого передатчика на расстоянии 200 световых лет, на приемник с принятыми раньше параметрами необходима антенна

с эффективной площадью 4 м². Телесный угол, из которого будет принимать энергию такая антенна, равен:

$$\psi = \frac{\lambda^2}{S} = \frac{(0,1)^2}{4} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ стерерадиан.}$$

Чтобы охватить всю сферу одновременно, нужно иметь

$$\frac{4\pi}{2,5 \cdot 10^{-3}} = 5000$$

таких антенн и соответственно приемников. Если осматривать небосвод по очереди, имея в виду обнаружить принятый выше передатчик примерно за 1 год, то понадобится 50 таких антенн со своими приемниками.

Таким образом, если хотя бы около одной из 10⁵ звезд имеется развитая цивилизация, желающая себя обнаружить, то это дело не безнадежное.

Если внеземная цивилизация будет облучать не все 10⁵ звезд, а лишь наиболее перспективные в части нахождения около них цивилизации, и в том числе Землю, то задача поиска может существенно облегчиться. Так, если будет облучаться 1000 звезд, то при принятых выше параметрах цикл обхода этих звезд будет меньше часа и цивилизацию вероятно обнаружить примерно за 1 год даже одной приемной установкой с приведенными выше параметрами.

Обнаружив сигналы, мы естественно направим туда большие радиотелескопы и постараемся принять какую-либо информацию.

Можно ожидать, что обнаруженная цивилизация будет передавать такую информацию в нашу сторону, не ожидая подтверждения того, что мы готовы ее принимать. Если она будет это делать с аппаратурой, имеющей принятые раньше параметры, то информация с расстояния 200 световых лет может идти, как уже говорилось, со скоростью около 10 000 двоичных единиц в секунду. В этом случае для непрерывной передачи информации пришлось бы устанавливать внеземной цивилизации довольно сложную и энергоемкую аппаратуру для каждой облучаемой звезды, около которой можно ожидать наличие цивилизации. Однако если удовольствоваться меньшей средней скоростью передачи информации, то можно облучать эти звезды поочередно или облучать непрерывно каждую, но с меньшей мощностью.

На основании рассмотренных примеров можно сделать следующий вывод.

Связь между цивилизациями в пределах нашей Галактики при современном уровне развития радиотехники возможна, однако для этого цивилизации должны сначала найти друг друга.

Если внеземная цивилизация, обладающая техникой нашего уровня, захочет дать знать о себе и будет посылать для этого специальные радиосигналы, то она может быть нами обнаружена с расстояния в несколько сот световых лет с помощью уже существующих радиотелескопов и специально построенных радиоприемников.

При желании эта цивилизация может передать нам и информацию, не дожидаясь нашего ответа.

Поиски внеземных цивилизаций

Л. М. ГИНДИЛИС,
кандидат физико-математических наук

Множественность обитаемых миров

Обсуждение проблемы поиска внеземных цивилизаций естественнее всего начать с вопроса об их распространенности во Вселенной. Если в общетеоретическом, философском плане этот вопрос имеет глубокое мировоззренческое значение, то в проблеме поиска внеземных цивилизаций он приобретает практический смысл, ибо от числа цивилизаций зависит среднее расстояние между ними, а следовательно, и такой важный технический параметр, как дальность связи, которую необходимо обеспечить.

Относительно распространенности разумной жизни во Вселенной в настоящее время нет единого мнения. Существуют две противоположные точки зрения. Согласно одной из них, жизнь и разум — это обычные явления в Космосе, существует множество обитаемых миров, с которыми человечество может попытаться вступить в контакт. Согласно другой точке зрения, жизнь, а тем более разум, — крайне редкое, исключительное явление во Вселенной, так что наша цивилизация, скорее всего, существует только «в единственном экземпляре».

Аргументы в пользу широкой распространенности жизни в основном сводятся к следующему. В настоящее время астрономическими наблюдениями охвачена область пространства радиусом несколько миллиардов световых лет, в которой находятся 10^{10} галактик или 10^{21} звезд. Все данные современной астрономии показывают, что в пределах обозреваемой области Вселенной справедливы основные законы физики, повсюду наблюдается в среднем одинаковый химический состав. Наше Солнце — рядовая звезда в рядовой галактике. Не существует ни одного астрономического или физико-химического параметра, который позволил бы выделить Солнечную систему среди 10^{21} звезд в доступной наблюдениям области Вселенной. Было бы крайне удивительно, если бы среди этого гигантского количества звезд только около одной из них — ничем не примечательной звезды — нашего Солнца — могла возникнуть жизнь и развиться разум. К этому можно еще добавить, что в последние годы получены довольно серьезные доводы, свидетельствующие о широкой распространенности планетных систем. Причем современные космогонические теории, в отличие от катастрофических концепций, господствовавших в начале нашего века (таких, как, например, известная гипотеза Джибса), не противоречат этому выводу. Последовательно развивая аргументы такого рода, мы и приходим к точке зрения, согласно которой жизнь и разум — это обычные явления во Вселенной. Для такой точки зрения безусловно имеются весьма веские основания. Тем не менее, мы

не можем считать ее обоснованной с той степенью строгости, которая требуется при научном анализе вопроса.

Для оценки числа цивилизаций во Вселенной обычно используется формула:

$$N_c = N q_1 q_2 p_1 p_2 p_3 f(\tau).$$

Здесь N — число звезд в некоторой области Вселенной, например в нашей Галактике;

N_c — число цивилизаций в той же области;

q_1 — доля звезд, имеющих планетные системы;

q_2 — доля планет с подходящими для возникновения жизни условиями;

p_1 — вероятность возникновения жизни на планете с подходящими условиями;

p_2 — вероятность того, что на данной планете в процессе эволюции возникнет разум, т. е. вероятность происхождения разумной жизни;

p_3 — вероятность образования технически развитой цивилизации, владеющей, например, средствами межзвездной связи;

τ — время жизни технически развитой цивилизации. Если τ по порядку величины сравнимо с возрастом звезд T , то $f(\tau) \sim 1$; если $\tau \ll T$, то $f(\tau) = \tau/T \ll 1$.

Появление фактора $f(\tau)$ в формуле связано с тем, что нас интересуют не все цивилизации, когда-либо жившие во Вселенной или в нашей Галактике, а только те, которые существуют в ней в настоящее время и с которыми можно установить контакт (например, те цивилизации, сигналы которых в настоящий момент достигают Солнечной системы).

Применяя данную формулу для оценки числа обитаемых миров, мы вынуждены ограничиться теми формами жизни, которые, подобно известным нам на Земле, нуждаются в постоянном притоке энергии и могут развиваться на каких-то подходящих планетах вблизи других звезд. Это означает известную дань антропоморфизму, поскольку при таком подходе исключаются из рассмотрения системы типа «Черного Облака» Ф. Хойла и тому подобные. Впрочем, такое ограничение следует признать разумным и неизбежным, ибо иначе грозит опасность сойти с позиций более или менее твердо установленных фактов и знаний в лоно ничем неограниченных спекуляций.

Из всех факторов, входящих в формулу, на основе современных знаний с достаточной надежностью можно оценить только астрономический фактор q_1 . Эти оценки основаны на анализе распространенности двойных и кратных систем, на наличии невидимых спутников звезд и планетоподобных тел (как у Летящей звезды Барнарда), на изучении закономерностей вращения звезд различных спектральных классов, на представлениях звездной и планетной космогонии. Согласно этим оценкам, не менее 10%, а может быть, подавляющее число звезд Галактики имеют планетные системы.

Определение величины q_2 сопряжено уже с гораздо более серьезными трудностями. Обычно при ее оценке прежде всего исключаются горячие молодые звезды спектральных классов O, B и A. Полагают, что жизнь может возникнуть и развиваться только в период стационарного



Крабовидная туманность — один из наиболее замечательных объектов Космоса

излучения звезды. У звезд типа Солнца этот период составляет около 13 млрд. лет, у звезд ранних спектральных классов — порядка 10^7 лет. Это, по-видимому, совершенно ничтожный для эволюции срок. Напомним, что на Земле время эволюции органической материи от появления простейших форм жизни и вплоть до появления человека заняло около 2 млрд. лет. Если бы у подобных массивных звезд ранних спектральных классов существовали планеты, на которых начала бы зарождаться жизнь, она, не достигнув высокого уровня, неминуемо погибла бы в ходе дальнейших катаклизмов, претерпеваемых звездой (превращение в красного гиганта, сброс оболочки, обнажение горячего ядра с мощным ультрафиолетовым излучением). Следует добавить, что, согласно современным космогоническим представлениям, звезды ранних спектральных классов, скорее всего, не имеют планетных систем.

Помимо ограничений, связанных со спектральным классом звезды, существуют ограничения для размера планетных орбит (орбита должна находиться внутри так называемой зоны жизни, определяемой температурными условиями, при которых может активно функционировать изве-

стная нам на Земле белковая форма жизни), ограничения размера самих планет, их радиуса и массы, скорости вращения планеты и т. д.

Таким образом, общая схема определения величины q_2 состоит в следующем. Мы заранее устанавливаем некоторую «норму существования» (в качестве таковой принимается норма активного функционирования белковой жизни), а затем пытаемся провести подсчет вероятности реализации этих «нормальных» условий в других участках Вселенной. Естественно, что величина q_2 зависит от принятой «нормы существования». Иными словами, для оценки величины q_2 надо знать не только, какие условия существуют на других планетах, но и какие условия необходимы для возникновения и развития жизни. А это уже относится к компетенции биологии, или, точнее, экзобиологии. Таким образом, q_2 по своему характеру — это смешанный астрономо-биологический фактор.

Дальнейшее размышление приведет нас к необходимости более строго определить, что такое жизнь, в чем ее сущность и специфика, каковы свойства и субстрат жизни. По этим вопросам даже в отношении тех форм жизни, которые известны нам на Земле, все еще ведутся дискуссии. Тем более спорным остается вопрос о возможной природе внеземной жизни. Неоднократно высказывалась мысль о возможном существовании квазибелковой жизни на кремниевой основе. В последнее время в связи с проблемой обитаемости Юпитера и других планет этого типа в ряде работ анализируется возможность существования определенных форм жизни в аммиачной среде. Высказывается мнение, что химические основы жизни на различных планетах могут быть совершенно различны.

Возможность существования небелковых форм жизни расширяет диапазон условий, необходимых для ее возникновения, благодаря чему увеличивается вероятность их реализации, т. е. в конечном счете вероятность возникновения жизни во Вселенной. Однако при этом более сложной становится проблема контакта с подобными «экзотическими» формами жизни и, в частности, проблема обмена семантической информацией с гипотетическими небелковыми цивилизациями. Не исключено, что семантический контакт с ними вообще невозможен.

Впрочем, не все специалисты разделяют мнение о возможности существования небелковой жизни. Например, по мнению академика А. Н. Несмеянова, если где-нибудь во Вселенной, за пределами Земли, есть жизнь, она существует там только на основе углерода, более того — на основе белка. Вопрос становится еще более сложным, если допустить возможность существования искусственных форм жизни. Оставляя в стороне этот вопрос, отметим, что если речь идет о естественности происхождения жизни в процессе медленно разворачивающейся игры слепых сил природы, то здесь необходимо принимать во внимание ограничения, диктуемые условиями, в которых разворачивается эта игра, — прежде всего условиями, господствующими во Вселенной. Именно с этой точки зрения вопрос о возможности существования небелковых форм жизни анализировался академиком В. Г. Фесенковым, который пришел к выводу, что жизнь во Вселенной может быть построена только на основе углеродных соединений.

Правильно это или нет, но при определении величины q_2 , как уже отмечалось выше, обычно исходят из единственно известной нам на Земле белковой формы жизни. В этом случае для q_2 получают оценки в пределах от 10^{-6} до 10^{-1} (в зависимости от исходных предположений, принимаемых разными авторами).

Следующий фактор, от которого зависит число цивилизаций во Вселенной, — это вероятность p_1 — происхождения жизни на планете с подходящими условиями. Вопрос о величине p_1 — это по существу вопрос о соотношении случайности и закономерности в процессе происхождения жизни, о том, в какой степени происхождение жизни можно считать закономерным процессом. С этим вопросом связано одно очень распространенное недоразумение. Существуют попытки определить p_1 на основе подсчета вероятности чисто случайного возникновения термодинамической флуктуации, которая должна привести к образованию сложной системы, например типа белковой молекулы или даже живой клетки. Учитывая колоссальную сложность такой системы, не приходится удивляться, что вероятность подобного события получается исчезающе малой. А отсюда делают вывод, что жизнь — крайне редкое, исключительное явление во Вселенной (так что нашей Земле просто «повезло»).

Ошибочность подобной аргументации состоит в том, что такой чисто комбинаторный подход вообще не применим к процессу формирования сложных самоорганизующихся систем. (На основе простой комбинаторики исходных элементов невозможно за разумное время получить не только живую клетку, но и гораздо более простые системы, существующие в природе.) Дело в том, что в процессе образования сложной системы на каждой стадии такого процесса образуются промежуточные подсистемы, которые благодаря присущим им структурным особенностям исключают возможность образования многих из априори допустимых комбинаций исходных элементов. Поэтому на каждой стадии реализуются только разрешенные комбинации, что значительно сокращает время и повышает вероятность реализации всего процесса.

Применительно к рассматриваемой проблеме (вероятность p_1 происхождения жизни на планете с подходящими условиями) нас интересует не столько соотношение случайности и закономерности в процессе происхождения жизни, сколько вопрос о том, является ли реализация этого процесса в целом случайной или закономерной. Как правильно отмечает Ф. А. Цицин, в абстрактной постановке этот вопрос лишен всякого смысла. Конечно, происхождение живого из неживого реализовалось через массу случайностей, и в этом смысле (но только в этом!) происхождение жизни можно считать случайным процессом. Для всякого даже чисто случайного процесса существует характерное время, по истечении которого процесс неизбежно произойдет (ибо опыт повторится достаточное число раз).

В процессе происхождения жизни характерное время определяется с учетом закономерности формирования сложных систем. Если оно окажется меньше времени существования планет, то жизнь с неизбежностью должна возникнуть на любой планете с подходящими условиями. В этом смысле происхождение жизни следует считать закономерным процессом.

Таким образом, p_1 — это по существу вероятность выполнения условия:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{характерное время} \\ \text{процесса происхож-} \\ \text{дения жизни} \end{array} \right\} < \left\{ \begin{array}{l} \text{времени су-} \\ \text{ществования} \\ \text{планеты} \end{array} \right\}$$

Всегда ли выполняется это условие? Как известно, на Земле оно было выполнено. Однако время химической эволюции на Земле (около 2—3 млрд. лет) по порядку величины сравнимо с возрастом Солнечной системы (~ 5 млрд. лет) и почти одного порядка с возрастом Вселенной ($\sim 10^{10}$ лет), т. е. временем, прошедшим от начала расширения наблюдаемой области Вселенной. Незначительное отличие физических условий на других планетах (по сравнению с земными условиями) может увеличить срок химической эволюции на $1 \div 2$ порядка. В этом случае для происхождения жизни потребуется время большее, чем возраст Вселенной! Поскольку нам ничего не известно о сроках химической эволюции на других планетах, мы не можем сказать ничего определенного и о вероятности происхождения жизни на планете с подходящими условиями. Хотя эксперименты по моделированию процесса происхождения жизни свидетельствуют о том, что это время скорее всего не слишком велико.

До сих пор речь шла о вероятности самопроизвольного зарождения жизни. Необходимо однако учитывать и возможность переноса жизни с планеты на планету. Данные последнего времени свидетельствуют о необычайной устойчивости микроорганизмов к таким факторам космического пространства, как глубочайший вакуум, сверхнизкая температура, высокие дозы ионизирующего излучения. Абсолютно губительным для земных микроорганизмов является ультрафиолетовое излучение. Однако оно легко экранируется, поэтому микроорганизмы могут сохраняться даже на поверхности очень малых частиц космической пыли. А во внутренних частях метеоритов живые организмы полностью защищены от ионизирующей радиации и ультрафиолетового излучения. Все это заставляет с серьезностью отнестись к исследованию возможности переноса жизни с планеты на планету.

Учет панспермии (если, конечно, этот процесс реален) приводит к увеличению вероятности p_1 происхождения жизни на планете с подходящими условиями. В наиболее благоприятном случае можно положить $p_1 = 1$, однако никаких оснований утверждать, что это действительно так, у нас нет, как нет и оснований для обратного утверждения, что вероятность p_1 очень мала.

Еще более сложным является вопрос о вероятности происхождения разумной жизни. Совершенно неизвестно, насколько закономерен процесс эволюции, приведший к образованию разумной жизни на Земле. Многие специалисты отмечают, что по мере усложнения организмов в процессе эволюции пути эволюции все более разветвляются. Можно полагать, что только некоторые из них ведут к появлению разума. Если это так, то природе придется поставить много опытов на различных планетах, прежде чем на одной из них опыт увенчается успехом, и эволюция пойдет по пути, который приведет к появлению разумных существ. Поэтому, как правильно подчеркивает И. С. Шклов-

ский, если даже считать, что возникновение разумной жизни во Вселенной есть закономерный процесс развития материи, из этого вовсе не следует, что эволюция живой материи на каждой планете должна непременно привести к образованию разума.

Противоположный вывод — о неизбежности происхождения разумной жизни в процессе эволюции на каждой планете можно получить на основе представлений о биологической конвергенции. Серьезным аргументом в пользу такой точки зрения, по-видимому, является возникновение на Земле двух видов живых существ, обладающих высокоразвитым мозгом (человек и китообразные).

Существует, однако, еще одна дополнительная трудность: время биологической эволюции на Земле (так же как и время химической эволюции) по порядку величины сравнимо с возрастом Вселенной. Следовательно, небольшое отклонение условий на других планетах от земной «нормы» может привести к тому, что для эволюции живой материи на этих планетах потребуется слишком большой срок.

Итак, можно положить:

$$P_2 = P_{21}P_{22},$$

где P_{21} — вероятность того, что эволюция на данной планете пойдет по пути, ведущему к появлению разумных существ;

P_{22} — вероятность того, что время биологической эволюции на данной планете (вплоть до появления разумных существ) меньше времени существования этой планеты.

Поскольку мы ничего не знаем ни о вероятности P_{21} , ни о времени биологической эволюции на других планетах, величина P_2 также остается для нас неопределенной. Изучение этого вопроса представляет большой интерес для проблемы связи с внеземными цивилизациями.

Весьма сложным является вопрос и о вероятности P_3 образования технически развитой цивилизации. Касаясь этого вопроса, американский физик Ф. Моррисон заметил: «Мы шатаемся на остриях умозаключений, с которыми наша наука не в состоянии справиться, так как мы не имеем достаточно надежной теории социального поведения сложных обществ. Наш опыт, наша история, еще недостаточно богаты, чтобы позволить сделать обоснованные обобщения». Действительно, можно ли говорить о конвергенции древних цивилизаций Индии, Китая, Америки и Среднего Востока? Было ли европейское Возрождение и последовавшая за ним промышленная революция в Европе уникальным явлением в мировой истории, или она неизбежно должна была наступить в Индии, Китае, на Американском континенте? Не являются ли нам дельфины пример общества разумных существ, не пользующихся орудиями труда и вследствие этого не создавших никакой технологии?

Рассмотрим теперь еще один фактор, от которого зависит число цивилизаций во Вселенной — время жизни технически развитых цивилизаций. По поводу этой величины также существуют две противоположные точки зрения. Согласно одной из них, время жизни технически развитых цивилизаций ограничено (порядка нескольких сотен, нескольких тысяч или, может быть, нескольких миллионов лет); оно во всяком случае очень

мало по сравнению с космологическим масштабом времени. Это так называемая короткая шкала жизни. Согласно другой точке зрения, время жизни технически развитых цивилизаций неопределенно велико. Раз возникнув, цивилизация развивается практически неограниченно, постоянно приспособляясь к новым условиям (или создавая для себя другие условия), преодолевая новые трудности, добиваясь новых побед в борьбе с «враждебными» силами природы. С этой точки зрения, время жизни технически развитых цивилизаций может быть соизмеримо только возрастом Вселенной (длинная шкала жизни).

Иногда высказывают предположение о бесконечно долгом существовании цивилизаций. Исходя из данных космологии, современный возраст цивилизации не может превышать 10^{10} лет. Так что это предположение может относиться только к будущему. Однако и в этом случае, т. е. в применении к будущему, рассмотрение промежутков времени, выходящих за пределы космологического масштаба, вряд ли имеет смысл. Для проблемы связи с внеземными цивилизациями представляет интерес современный (т. е. в момент посылки сигнала) возраст цивилизаций. Поэтому можно говорить о короткой или длинной шкале жизни цивилизаций, но довольно бесполезно (в рамках данной проблемы) обсуждать возможность бесконечной длительности психозойской эры.

Предположение о короткой шкале жизни цивилизаций часто называют пессимистическим — и поэтому (!) считают неверным. А гипотезу вечной жизни цивилизаций считают более привлекательной за ее «оптимистический», «жизнеутверждающий» характер. Излишне, конечно, говорить о том, что категории оптимизма и пессимизма связаны с субъективно-эмоциональной сферой и поэтому не применимы к научным положениям, отражающим объективную реальность. Но уж если пользоваться этими категориями, то, по-видимому, следует признать, что продолжительность жизни цивилизаций 10^{10} лет — вполне достаточный для оптимизма срок.

Изучение величины τ относится к компетенции биологии и в еще большей мере — социологии. Точнее, следовало бы говорить о космической биологии и космической социологии. Именно этим разделам науки должно принадлежать здесь решающее слово.

При короткой шкале жизни цивилизаций для возможностей обмена информацией между ними существенную роль играет величина $k = \tau/t_{\text{зап}}$, где $t_{\text{зап}}$ — время запаздывания при межзвездных переговорах, равное времени распространения сигнала до абонента и обратно ($t_{\text{зап}} = 2R/c$, R — среднее расстояние между цивилизациями, c — скорость света). При $k < 1$ двусторонняя связь между цивилизациями невозможна; при $k > 1$ двусторонняя связь, во всяком случае в принципе, возможна. Согласно фон Хорнеру, эффективный обмен информацией между цивилизациями может привести к существенному увеличению их времени жизни (эффект обратной связи). Полагая $k = 1$, мы можем определить некое характерное критическое время

$$\tau_0 = \left(\frac{8R_0 T}{c^3 q_1 q_2 p_1 p_2 p_3} \right)^{\frac{1}{4}}$$

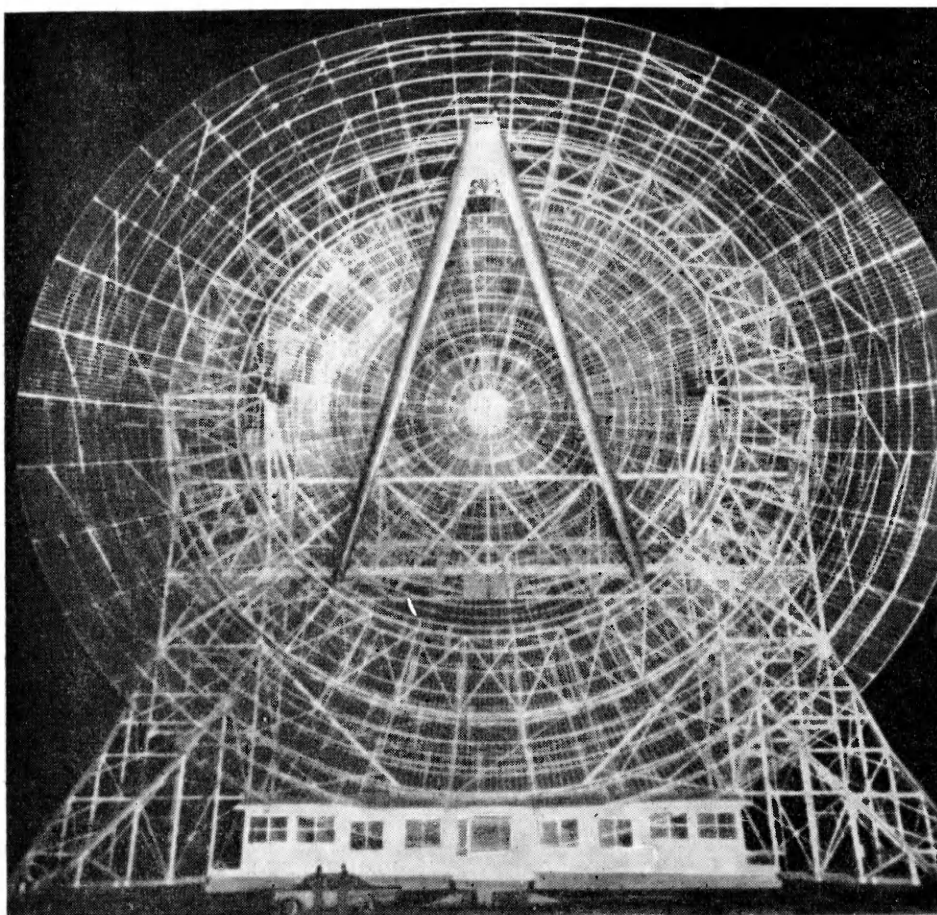
(R_0 — среднее расстояние между звездами). При $\tau < \tau_0$ эффект обратной связи отсутствует, и время жизни цивилизаций остается малым. При $\tau > \tau_0$ вследствие эффекта обратной связи время жизни цивилизаций после установления контакта начнет возрастать. Таким образом, τ либо меньше τ_0 , либо много больше этой величины. Цивилизации, время жизни которых близко к τ_0 , с этой точки зрения должны быть крайне редки. Разумеется, все это справедливо только в том случае, если эффект обратной связи вообще может иметь место, а это возможно только при условии семантического контакта между цивилизациями — условие необходимое, но недостаточное.

Попробуем подвести итоги. Как видно из всего вышеизложенного, при оценке числа обитаемых миров необходимо принимать во внимание ряд факторов, привлечение которых неизбежно приводит к постановке таких вопросов, как сущность и специфика жизни, возможность существования небелковых форм жизни, соотношение случайности и закономерности в процессе происхождения жизни, возможности панспермии, закономерности биологической эволюции и вероятность появления разумных форм жизни, вероятность возникновения и время жизни технически развитых цивилизаций. Неопределенность или полное отсутствие данных по этим вопросам приводит к значительной неопределенности в оценках числа обитаемых миров. Следует признать, что при современном уровне знаний невозможно даже грубо оценить число цивилизаций во Вселенной. По наиболее оптимистическим оценкам (когда, в частности, принимается, что вероятности p_1 , p_2 и p_3 порядка 1) можно ожидать $10^5 \div 10^6$ цивилизаций в нашей Галактике. Однако если эти вероятности очень малы (так что произведение $p_1 p_2 p_3 f(\tau) < 10^{-21}$), то наша цивилизация оказывается единственной во Вселенной. На основании имеющихся данных мы не можем исключить даже такую крайнюю ситуацию, хотя она и представляется весьма маловероятной.

Космическое чудо

Очень часто пытаются добиться какой-то определенности в вопросе о числе обитаемых миров рассуждением от противного. Предположим, что во Вселенной существует множество технически развитых цивилизаций. Можно ли обнаружить их присутствие, скажется ли это в каких-то явлениях, наблюдаемых в Космосе? Здесь мы подходим к концепции так называемого космического чуда. Под космическим чудом понимается наблюдение с помощью астрономических методов проявления деятельности разумных существ в космическом масштабе (астроинженерная деятельность). Частным случаем чуда будет столкновение с экспансией разумных существ в космическом пространстве.

Известно, что развитие человечества в настоящий момент по всем важнейшим характеристикам (рост народонаселения, рост энергопотребления, накопление продуктов промышленного производства, накопление научной информации и др.) происходит исключительно быстро — экспоненциально, или даже быстрее, чем экспоненциально. Предположим, что эти закономерности справедливы и для других цивилизаций, причем спра-



Антенна одного из мощных радиотелескопов

ведливы в течение неопределенно долгого времени. Такая цивилизация будет постоянно нуждаться во все возрастающем притоке вещества и энергии. Вскоре, когда ресурсы родной планеты да и всей планетной системы будут исчерпаны, для нее не останется иного выхода, как черпать вещество и энергию из окружающего космического пространства. Сфера деятельности подобной цивилизации будет неограниченно расширяться. Рано или поздно она должна неминуемо столкнуться с нами. Учитывая неизбежное различие в возрасте цивилизаций и допустимые темпы освоения Космоса, можно заключить, что такое событие, скорее всего, уже должно было бы иметь место.

Рассмотрим для большей убедительности такой умозрительный пример. Предположим, в центре нашей Галактики существует некая цивили-

лизация, которая в процессе своего развития достигла столь высокого уровня, что для нее становятся доступными межзвездные перелеты (по крайней мере до ближайших звезд). Полеты до ближайших звезд не требуют достижения релятивистских скоростей, и поэтому их возможность не вызывает сомнения. Пусть в некоторый момент времени цивилизация посылает несколько экспедиций на соседние звезды, расположенные внутри сферы радиусом 10 световых лет, на которых, согласно наблюдениям, обнаружены планетные системы с пригодными для жизни условиями (сфера радиусом 10 световых лет выбрана потому, что внутри такой сферы можно ожидать наличия нескольких пригодных для жизни планетных систем). По прибытии на место назначения экипаж каждого корабля высаживается на соответствующей планете и приступает к ее колонизации. По истечении определенного времени, скажем 1000 лет (учитывая темпы развития человечества, этот срок можно считать вполне достаточным), каждая колония станет достаточно многочисленной, разовьет мощные производительные силы и будет способна сама послать экспедиции на соседние звезды. Пусть объектом новых экспедиций будут планетные системы, расположенные в сфере радиусом 20 световых лет от исходной родительской звезды (точнее внутри шарового слоя между сферами с радиусом 10 и 20 световых лет). По прибытии на место назначения каждая экспедиция начинает освоение новой планетной системы, и спустя 1000 лет их потомки оснащают экспедиции к новым мирам. Получается, что из центра Галактики очаги цивилизации распространяются подобно сферическим волнам со скоростью 10 световых лет за 1000 лет (скорость «диффузии» цивилизаций 0,01 с). Таким образом, через несколько миллионов лет вся Галактика будет освоена разумными существами. Столкновение с экспансией этих существ, с их преобразующей деятельностью в Космосе могло бы быть одним из примеров космического чуда.

Отсутствие «чуда», связанного с прямой экспансией разумных существ в космическое пространство, приводит к известной дилемме (назовем ее дилеммой А): либо время жизни цивилизаций существенно ограничено — короткая шкала жизни; либо наша цивилизация — единственная во Вселенной. (Применяя эту дилемму к рассмотренному выше примеру колонизации Галактики, мы могли бы сказать: либо наша цивилизация единственная в Галактике, либо время жизни цивилизаций меньше нескольких миллионов лет.)

Какому положению этой дилеммы следует отдать предпочтение? Многие авторы склоняются в пользу исключительности человеческого рода, считая, видимо, предположение о короткой шкале жизни цивилизаций более «криминальным». Другие («оптимисты») считают неприемлемым оба положения и видят выход в принятии еще одной логически допустимой, хотя, с научной точки зрения, совершенно неудовлетворительной возможности, а именно: наша цивилизация не единственная, но она самая передовая, самая развитая во Вселенной. Подобная точка зрения является, конечно, крайним выражением антропоцентризма.

Следует подчеркнуть, что указанная дилемма (А) базируется на (обычно молчаливом) предположении, будто развитие цивилизаций обя-

зательно идет в направлении ничем не ограниченного количественного роста (увеличивается пространственная сфера деятельности, энергия, масса и другие показатели). С. Лем в своей «Сумме технологий» называет это предположение ортоэволюционной гипотезой: будущее понимается лишь как увеличенное настоящее. Подобное развитие цивилизаций не является, конечно, обязательным. Можно полагать, что по прошествии определенного времени цивилизации приходят в характерное для сложных систем состояние гомеостатического равновесия с тонкой регуляцией основных процессов и поддержанием жизненно важных параметров в заданных пределах.

Такая возможность по меньшей мере не хуже альтернативного допущения о неограниченном количественном росте цивилизаций. Между тем при рассмотрении основной дилеммы она полностью исключается. В этом и состоит ее неточность: «безграничность прогресса разума» не противоречит множественности обитаемых миров, если допустить, что цивилизации могут развиваться как совершенные гомеостатические системы. Поэтому более строго указанную дилемму следовало бы сформулировать таким образом. Либо мы считаем, что цивилизации в течение неограниченно долгого времени развиваются по пути количественного роста (ортоэволюционный путь развития) и тогда отсутствие чуда, связанного с пространственной экспансией цивилизаций, означает, что наша цивилизация единственная во Вселенной (или самая передовая (!) из всех); либо мы допускаем, что время количественного роста цивилизаций ограничено (короткая шкала жизни или гомеостатический путь развития), их экспансия не достигает таких гигантских размеров,— и тогда во Вселенной или даже в нашей Галактике могут одновременно существовать множество цивилизаций (дилемма А').

Обычно проблему космического чуда трактуют более широко (не только как столкновение с пространственной экспансией цивилизаций). Учитывая, что уже сейчас сфера действия человечества не ограничивается масштабами земного шара, а все в большей степени становится фактором космического значения, вопрос ставится таким образом: не наблюдаются ли во Вселенной следы деятельности других более развитых цивилизаций, размах космической деятельности которых превосходит наши скромные возможности? Не наблюдаются ли какие-то «чудесные», «сверхъестественные» явления в Космосе, которые могут свидетельствовать о сознательной деятельности разумных существ? Отрицательный ответ на этот вопрос, свидетельствующий об отсутствии следов астроинженерной деятельности высокоразвитых цивилизаций, приводит к той же дилемме (А').

В связи с этим прежде всего следует заметить, что при такой расширительной трактовке космического чуда у нас нет никаких оснований утверждать, будто чуда нет. Действительно, мы могли бы с полным основанием считать чудом прием радиопередачи от внеземной цивилизации. Такого чуда пока не произошло, но можем ли мы утверждать, что оно не произойдет завтра? Ведь систематических поисков радиосигналов от внеземных цивилизаций пока еще не предпринималось, мы только пытаемся нащупать подход к этой проблеме. Причем уже сейчас ясно, что для обнаружения «разумных» радиосигналов из Космоса тре-

буется создание специальных достаточно сложных радиотехнических систем и применение специальных методов анализа космического радиополучения, отличных от тех методов, которые используются в радиоастрономии. То же самое относится и к возможности обнаружения сферы Дайсона около удаленных звезд: современная астрономия не располагает данными, на основании которых можно было бы отрицать существование этого феномена. Вообще, что касается следов астроинженерной деятельности цивилизаций, то возможность их обнаружения зависит от энергетического потенциала цивилизаций. Если допустить, что потенциал цивилизаций не является безграничным, то у нас нет никаких оснований утверждать, будто подобных чудес не существует: результаты астроинженерной деятельности цивилизаций могут быть не столь «яркими», чтобы непосредственно бросаться в глаза при взгляде на небо, даже с помощью больших телескопов. Единственное чудо, об отсутствии которого мы можем уверенно говорить, — это чудо, связанное с пространственной экспансией цивилизаций. Но, как мы уже говорили, этот путь развития цивилизаций по меньшей мере не является единственно возможным.

Неопределенность, связанная со всей этой проблемой, возрастает вследствие того, что у нас нет достаточно четких критериев космического чуда, мы не знаем, чем оно должно отличаться от естественно-физических процессов, наблюдаемых во Вселенной. В связи с этим иногда высказывается предположение, что космическое чудо наблюдается нами: мы видим следы деятельности внеземных цивилизаций, но, не понимая как следует происходящее, приписываем наблюдаемым явлениям естественное происхождение. В качестве примера указывают обычно на такие астрономические объекты, как квазары, источники излучения ОН («мистериум») и знаменитые пульсирующие радиоисточники — пульсары. В той мере, в какой мы сталкиваемся с определенными трудностями при объяснении указанных феноменов, подобная трактовка чуда формально соответствует значению этого слова в словаре Даля: «Чудо — всякое явление, кое мы не умеем объяснить по известным нам законам природы». Однако в философско-методологическом плане такое предположение совершенно неприемлемо. Достигнутые в последнее время успехи в объяснении всех трех феноменов лишний раз свидетельствуют об этом.

Итак, рассмотрение концепции «космического чуда», как это следует из нашего обсуждения, приводит к следующим альтернативным возможностям:

1. Цивилизаций много, но они недолговечны (короткая шкала жизни); 2. Наша цивилизация — единственная во Вселенной; 3. Наша цивилизация самая развитая; 4. Неортоэволюционный, гомеостатический путь развития (астроинженерная деятельность или отсутствует вовсе или носит ограниченный характер); 5. Цивилизации есть, их много, мы их видим, но не догадываемся об этом.	}	В рамках ортоэволюционной гипотезы (неограниченный количественный рост цивилизаций)

Положения 1, 2 и 3 справедливы только в рамках ортоэволюционной гипотезы. Последняя, как уже отмечалось выше, совершенно необоснованна. Поэтому на основе космического чуда невозможно обосновать ни положение о единственности нашей цивилизации, ни положение о короткой шкале жизни цивилизаций, не говоря уже о крайне антропоцентричном положении 3. Разумеется, это не означает обоснования противоположных положений: о множественности обитаемых миров или долговечности технически развитых цивилизаций. Действительно, гомеостатический путь развития указывает на возможность длительного существования множества цивилизаций при отсутствии следов их астроинженерной деятельности. Однако мы не располагаем никакими доказательствами того, что этот путь реализуется на самом деле (хотя это и представляется весьма вероятным).

Таким образом, привлечение концепции космического чуда к оценке числа обитаемых миров, по существу, совершенно бесполезно: оно ничего не дает ни для оценки числа обитаемых миров, ни для оценки времени жизни технически развитых цивилизаций. Вопрос, по-прежнему, остается открытым. Поэтому мы вынуждены заключить, что положение о существовании разумной жизни во Вселенной за пределами земного шара все еще остается гипотезой, в высшей степени вероятной в свете всех современных данных, но все же гипотезой.

Приняв эту гипотезу за основу, можно оценить возможности связи с внеземными цивилизациями. Такой путь вполне соответствует методам, принятым в науке, особенно если учесть, что сейчас впервые за все время развития науки появились средства для проверки этой гипотезы. Вряд ли будет правильным требовать независимых доказательств существования внеземных цивилизаций прежде, чем приступать к их систематическим поискам. Трудно согласиться с мнением, что такие поиски будут правомерны только после получения независимых доказательств существования внеземных цивилизаций. Это обрекает нас на пассивность в ожидании «чуда», что находится в противоречии с творческим, активным духом науки. Именно поиски внеземных цивилизаций (и, прежде всего, поиски их сигналов из Космоса) являются лучшим средством проверки гипотезы о существовании разумной жизни во Вселенной, именно они должны дать искомые доказательства, подтвердить или опровергнуть эту гипотезу. Разумеется, поиски должны проводиться на основе научно обоснованной методики.

«Игра» в межзвездную связь

Блок-схема системы межзвездной связи может выглядеть следующим образом. Сообщение отправителя поступает в передающее устройство, где оно преобразуется в электрический сигнал и с помощью передающей антенны излучается в космическое пространство. На приемном конце линии связи искаженный помехой сигнал улавливается приемной антенной и направляется в приемное устройство, где подвергается различным преобразованиям, в результате которых по полученному сигналу с той или иной степенью достоверности восстанавливается исходное сообщение.

Собственно, так работает любая система связи. При построении системы межзвездной связи приходится сталкиваться с одной принципиальной особенностью. Обычные системы связи проектируются сразу в целом от передающего конца до приемного и поэтому являются взаимносогласованными.

В системе связи между цивилизациями дело обстоит иначе. Специфика построения межзвездной связи состоит в том, что различные элементы системы проектируются разными абонентами. Ни один из них заранее не знает о действиях другого, а может строить только более или менее правдоподобные предположения, на основе которых он пытается согласовать свои действия с действиями партнера. Например, получатель может строить определенные предположения о системе передачи, используемой отправителем, и на основе этих предположений применять определенные способы приема. В свою очередь отправитель должен учитывать методы приема, которые будет применять получатель, основываясь на своих соображениях о его (отправителя) действиях. Получается типичная игровая ситуация. Своеобразие этой увлекательной игры в межзвездную связь, в которой правила устанавливаются на основе объективных законов природы, состоит в том, что партнеры вместо того, чтобы стремиться к разрушению замыслов друг друга, пытаются сообща найти решение, позволяющее довести игру до конца.

Решение этой задачи, по-видимому, облегчается наличием общего, а точнее не принадлежащего никому из абонентов, элемента, каковым является линия связи. В системе межзвездной связи линия представляет собой область космического пространства между передающей и приемной антеннами, в которой распространяются радиоволны, т. е. это межзвездная, межпланетная среда и планетные атмосферы. Изучение параметров линии позволяет сделать определенные заключения о том, как следует строить систему межзвездной связи, в частности, сделать заключения об оптимальном диапазоне волн для связи между различными цивилизациями.

При решении этого вопроса мы должны опираться не на временные преимущества, возникающие благодаря прогрессу тех или иных технических средств связи, а на некоторые принципиальные ограничения, лежащие в природе вещей и общие для любой внеземной цивилизации.

Хорошо известно, что земная атмосфера непрозрачна почти для всех частот электромагнитного излучения, за исключением двух узких участков спектра: «оптического окна» в промежутке от 0,3 мк до нескольких микрон и «радиоокна» от 4÷8 мм до 16÷30 м. Поглощательная способность атмосферы определяется ее строением и химическим составом. Так, в ультрафиолетовой области спектра, для волн короче 0,3 мк поглощение обусловлено озоном, а в инфракрасной области — главным образом парами воды. В радиодиапазоне, для волн короче 1 см, поглощение обусловлено молекулами кислорода и водяного пара, а в декаметровой области спектра волны интенсивно поглощаются ионосферой.

Мы не знаем строение и состав атмосфер на других планетах, где могут существовать высокоразвитые цивилизации, так же как им не известен состав земной атмосферы. На первый взгляд это делает весьма

неопределенной задачу выбора диапазона волн для межзвездной связи. К счастью, ограничения, связанные с поглощением электромагнитных волн в атмосферах планет, не относятся к числу принципиальных. Даже для земной цивилизации, которая по уровню своего развития несомненно является «космическим младенцем», проблема выноса за пределы атмосферы средств связи, предназначенных для общения с другими цивилизациями, — технически совершенно реальная задача. Тем более это справедливо для любой высокоразвитой цивилизации. Поэтому в нашей игре мы должны ориентироваться именно на этот случай, иначе правила игры становятся неопределенными.

Эти правила заставляют нас при теоретическом анализе исключить из рассмотрения планетные атмосферы, ограничившись анализом поглощения в межзвездной среде.

Аналогичным образом обстоит дело при анализе шумов в межзвездной линии связи. В области спектра, где среда прозрачна для электромагнитного излучения, оптимальный диапазон определяется из условия минимума помех. При этом в соответствии с правилами игры надо принимать во внимание только принципиально неустранимые помехи; эти правила заставляют нас, в частности, исключить из рассмотрения как шумы аппаратуры (поскольку они, в принципе, могут быть сделаны сколь угодно малыми), так и шумы атмосферы. Единственным принципиально неустранимым источником шума, ограничивающим возможности межзвездной связи, является шум, обусловленный естественным космическим радиоизлучением, — тот самый шум, изучение которого составляет предмет радиоастрономии. Другим принципиально неустранимым ограничением, влияющим на выбор оптимального диапазона, являются квантовые флуктуации самого исследуемого сигнала и шума (так называемый квантовый шум).

Оптимальный диапазон волн для межзвездной связи, вычисленный с учетом излучения фона и квантовых флуктуаций, совпадает с коротковолновым участком радиодиапазона (дециметровые, сантиметровые и миллиметровые радиоволны), т. е. попадает в область прозрачности земной атмосферы. Следует, однако, иметь в виду следующее важное обстоятельство. Как показывает наблюдение пульсаров, эффект мерцания радиоволн, связанный с их рассеянием на неоднородностях межзвездной среды и ранее хорошо известный на метровых волнах, оказывается весьма существенным также в дециметровом и, возможно, сантиметровом диапазоне волн. Учет этого эффекта, еще недостаточно хорошо изученного, должен сместить оптимальный диапазон в более коротковолновую область спектра. Возможно, оптимальной окажется область миллиметровых или даже субмиллиметровых волн. В этом случае вынос средств связи, предназначенных для общения с другими цивилизациями, за пределы земной атмосферы станет для нас необходимостью.

Для построения системы связи с внеземными цивилизациями весьма важно изучить влияние межзвездной среды на прохождение радиосигналов. Из-за колоссальной протяженности космических линий связи даже крайне разреженная межзвездная среда оказывает заметное влияние на сигнал. Помимо поглощения и рассеяния радиоволн существенную роль

играет дисперсия. При распространении сигнала в межзвездной среде вследствие дисперсии (различие фазовой и групповой скорости волн на разных частотах) происходит искажение формы сигналов — эффект фазового сдвига и эффект группового запаздывания. Это накладывает определенные ограничения на характер самих сигналов; в частности, устанавливает нижнюю границу длительности импульсов, которые могут использоваться для межзвездной связи. Указанные ограничения необходимо учитывать как при передаче сигналов, так и при построении системы обнаружения. Следует отметить, что вопрос о влиянии межзвездной среды на прохождение радиосигналов, особенно об искажениях сигналов в межзвездной среде, разработан весьма слабо, хотя параметры среды известны из астрономических наблюдений.

Один из самых сложных вопросов, с которым сталкиваются игроки в межзвездную связь, — это вопрос о признаках искусственного источника. Ведь для того чтобы обнаружить абонента, надо суметь выделить искусственный источник радиоизлучения, суметь отделить его от огромного множества естественных источников, связанных с излучением туманностей, галактик, квазаров, остатками вспышек Сверхновых звезд и других естественными процессами в Космосе.

Было предложено несколько радиоастрономических критериев искусственного источника: малые угловые размеры, характерное спектральное распределение мощности, переменность потока радиоизлучения во времени, наличие круговой поляризации. Высказывалось также предположение, что искусственный источник должен излучать в узкой спектральной полосе для обеспечения большой дальности и высокой надежности связи. Наличие таких узких монохроматических линий тоже может служить указанием на искусственную природу источника излучения.

Не трудно проследить принцип, по которому конструируются радиоастрономические критерии искусственности: они включают признаки, которыми (исходя из теоретических соображений) должен обладать искусственный источник и которыми не обладают естественные источники радиоизлучения. Разумеется, такой подход не является вполне строгим. С одной стороны, он устанавливает только необходимые, но не достаточные критерии. Ведь такими свойствами, как малые угловые размеры, переменность во времени, наличие круговой поляризации и др., наряду с искусственными источниками, могут обладать и естественные источники радиоизлучения. С другой стороны, если известные источники радиоизлучения не обладают определенными свойствами, всегда имеется возможность открытия нового класса естественных источников с иными механизмами излучения, обладающих этими свойствами. Поэтому наряду с радиоастрономическими критериями искусственности, которые безусловно играют важную вспомогательную роль, должны быть разработаны однозначные, математически строгие (необходимые и достаточные) критерии.

Возможный путь разработки таких критериев состоит в изучении статистических свойств сигнала. Можно, например, полагать, что одним из признаков, отличающих организованный «разумный» сигнал от неорганизованного, является наличие определенной избыточности, которая тре-

буется для того, чтобы обеспечить надежную передачу информации по каналу с шумом. На необходимость разработки статистических критериев искусственного сигнала неоднократно обращалось внимание, однако этот вопрос до сего времени разработан очень слабо. Следует заметить, что анализ статистических свойств сигнала в условиях наблюдения очень слабых космических источников радионизлучения представляет собой весьма сложную задачу; для этого требуется создание специальной аппаратуры, отличной от той, которая применяется обычно в радиоастрономии. Желательно, например, производить запись на магнитную ленту высокочастотного поля, сохраняя информацию относительно амплитуды и фазы сигнала, с последующей обработкой на ЭВМ. Другой путь разработки строгих критериев основан на применении теории сложных систем. Не исключено, что единственным достаточно строгим критерием искусственного сигнала является наличие определенной содержательной информации. Мы подходим, таким образом, к проблеме дешифровки сигналов.

Проблема дешифровки тесно связана с проблемой языка. Для космических сообщений может использоваться как язык образов, так и язык понятий. Язык образов наиболее прост и для существ, подобных человеку, весьма нагляден. По каналам радиосвязи нетрудно передать двух- или трехмерную развертку изображения. На приемном конце линии связи изображение легко восстанавливается, надо только знать параметры развертки. По-видимому, весьма перспективной для передачи образов является голография. Однако можно думать, что образы используются только как вспомогательное средство. Для передачи научной информации лучше подходит язык понятий, так как с помощью понятий можно сообщить самые абстрактные категории.

Примером такого языка, специально предназначенного для общения с внеземными цивилизациями, является так называемый линкос голландского ученого Фройденшталя. Это очень интересная попытка, но, конечно, линкос нельзя считать идеальным языком для межзвездных связей. По мнению самого Фройденшталя, этот умеренно формализованный язык предназначен для общения с существами, в умственном отношении похожими на людей. Неоднократно высказывались соображения о необходимости усовершенствовать линкос, о необходимости создать наиболее полно формализованный язык. По мнению советского математика А. В. Гладкого, надо идти несколько иным путем. С его точки зрения, задаче «лингвистической подготовки» к общению с внеземными цивилизациями наилучшим образом удовлетворяет не разработка и усовершенствование специального формализованного языка типа линкос, а разработка общей теории языка — теории, которая возникла и развивается независимо от проблемы внеземных цивилизаций.

Относительно содержания межзвездных сообщений обычно предполагается, что они должны содержать изложение системы знаний отправителя. Поэтому расшифровку удобно начинать с самых элементарных разделов системы (именно так, например, и строится линкос). Однако здесь возникает одна очень серьезная трудность. Ведь системы знаний различных цивилизаций не обязательно должны быть сходными, и даже элементарные части их могут значительно различаться. В связи с этим



Гуманность Ориона. Некоторые из таких туманностей имеют загадочные мощные источники радиоизлучения

возникает вопрос о возможности смыслового, семантического контакта между цивилизациями. Эта проблема достаточно сложна. В какой-то мере она связана с вопросом о существовании различных форм жизни и разума во Вселенной. Было бы ограничением считать, что все разумные существа должны быть физически или умственно похожими на людей. Мы должны быть готовы к тому, что разум, с которым нам, возможно, придется встретиться и вступить в контакт, может принимать самые неожиданные формы. Но если формы жизни и разума во Вселенной могут быть различными, то тем более различным может оказаться понятийный аппарат разных цивилизаций. Могут ли две системы знаний, отражающие объективный мир, столь существенно отличаться своими понятиями, что между ними, по существу, невозможно никакое воздействие? Первоначальная реакция естествоиспытателей на этот вопрос обычно бывает отрицательной, в то время как математики и философы склонны отвечать на него положительно. Решение вопроса упирается в проблему формирования понятий, точнее в проблему отражения объективной реальности субъектом познания.

Допуская различия в понятийном аппарате цивилизаций, можно было бы думать, что среди них найдутся такие цивилизации, которые имеют сходный с нами характер мышления и близкую систему понятий. Однако такое предположение мало основательно, ибо коль скоро мы допускаем возможность существования цивилизаций с совершенно разным характером мышления, с совершенно различными «непересекающимися» системами знаний, маловероятно, чтобы какая-то из них по случайным обстоятельствам сформировала понятия, совпадающие или близкие тем, которые выработало человечество. Представляется более вероятным, что определенные, «самые существенные» черты материального мира так или иначе отражаются в процессе познания любой цивилизации и служат основой для формирования понятий, допускающих взаимную интерпретацию без непосредственного общения субъектов познания.

■ НУЖНА ЧЕТКОСТЬ В ПОСТАНОВКЕ ЗАДАЧИ

С «наивной» точки зрения вопрос о внеземных цивилизациях кажется довольно прозрачным. Надо искать цивилизации, обнаруживать их, связываться с ними посредством радиосигналов и т. д. В таком узкоастрономическом аспекте трудности представляются чисто техническими: большие расстояния, помехи межзвездной среды — и отсюда сложности в выделении «полезного сигнала». Более внимательное изучение показывает, что успех в решении проблемы свя-

зан, в первую очередь, с четкостью представлений о многих весьма «земных» вещах. Наиболее опасными для плодотворного продвижения часто оказываются утверждения с позиции «очевидности», и «здравого смысла». Теоретическая ценность проблемы (а опытных данных у нас нет) заключается, по-видимому, как раз в обсуждении «очевидных» понятий с целью обнаружения в них того универсального, что может быть экстраполировано на другие гипотетические высокоорганизованные системы во Вселенной.

Уточнение смысла таких принципиаль-

Наконец, можно думать, что в силу всеобщей связи и обусловленности явлений материального мира на достаточно высоких ступенях абстракции происходит своеобразная «конвергенция» понятий. Это также дает основание надеяться на возможность семантического контакта между цивилизациями при различии исходных первоначальных понятий. Не исключено, что ответ на поставленный вопрос придет с совершенно неожиданной стороны: быть может, изучение дельфинов внесет в него некоторую ясность. Как бы там ни было, проблема семантического контакта между цивилизациями — это очень глубокая и очень сложная проблема, связанная с фундаментальными вопросами философии вообще и теории познания в особенности.

Астроинженерия и кибернетика

Принципиально иной подход к проблеме поиска внеземных цивилизаций, свободный от указанных выше трудностей, развивается американским физиком Ф. Дайсоном. Он проводит четкую грань между разумом и технологией и предлагает искать не сигналы внеземных цивилизаций, а следы их астроинженерной деятельности. Дайсон описал ряд конкретных проектов того, что могла бы осуществить высокоразвитая цивилизация. Весьма важный вывод, к которому он приходит, состоит в следующем. Независимо от конкретных инженерных деталей второй закон термодинамики требует, чтобы технически развитое общество, потребляющее определенное количество энергии, скажем всю энергию своей звезды, излучало бы часть этой энергии в окружающее пространство в виде отработанного тепла при температуре меньшей, чем температура рабочих частей оборудования. Основная часть этого излучения, как показывают расчеты, будет сосредоточена в инфракрасной области спектра, в интервале длин волн от 3 до 10 мк. Это излучение нельзя «утаить» независимо от того, хочет или нет технически развитое общество скрыть от кого-либо свое существование. Точка зрения Дайсона привлекательна

ных понятий, как «жизнь», «разум», ведет к четкости в постановке задачи их обнаружения.

Б. Н. Пановкин,

кандидат физико-математических наук

■ ПОЧЕМУ МИР, В КОТОРОМ МЫ ЖИВЕМ, ИМЕННО ТАКОЙ?

Не берусь предсказывать, что именно откроет наука в ближайшем будущем, но чего я хотел бы — это возникновения такого подхода в космологии, который позволит понять, почему тот мир, в котором мы живем, именно такой, а не

какой-то другой, понять, что же обусловило начальные условия эволюции. До сих пор физика имела дело с законами, в которые нужно было подставлять начальные условия — грубо говоря, начальные скорости каких-то движущихся тел, начальное положение их. Сам же вопрос о начальных условиях лежит пока вне физики. И если не принимать постулата о том, что изначально движение дано какой-то божественной силой, то надо найти научный подход к проблеме выбора начальных условий.

Я. Б. Зельдович,
академик

тем, что он не полагается на добрую волю высокоразвитых цивилизаций (захотят ли они еще передавать нам сигналы?), а просто предлагает наблюдать проявление их астроинженерной деятельности. Слабой стороной его концепции является то, что она базируется на ортоэволюционной гипотезе (неограниченный количественный рост цивилизаций).

В этом смысле логически более безупречным является развиваемый советским радиоастрономом Б. Н. Пановкиным кибернетический подход к проблеме обнаружения внеземных цивилизаций.

Рассматривая внеземную цивилизацию как сложную кибернетическую систему, а излучение, связанное с ее жизнедеятельностью, как выходную реакцию этой системы, можно на основе анализа излучения сделать определенные заключения о функциональной структуре системы, о ее внутренней организации (подобно тому как мы делаем это в отношении всех других небесных объектов) независимо от того, стремится ли система сообщить эту информацию. Например, по свойствам излучения можно установить, что система относится к широкому классу объектов с наличием обратной связи. Из этого класса при более детальном анализе можно выделить более узкий подкласс систем, в котором проявляется гомеостатичность. Из класса гомеостатических объектов можно выделить группу объектов, обладающих еще более сложными функциональными свойствами (например, «логикой системы») и т. д. В конце концов в принципе возможно выделение класса объектов, которые (независимо от своей материальной структуры) по своим функциональным свойствам, по своим проявлениям могут быть признаны эквивалентными, скажем, нашей земной цивилизации.

Привлекательной стороной подобного метода является возможность последовательной и четкой постановки задачи исследования, исключается неопределенность интерпретации явлений с точки зрения «искусственности». Практически задача, конечно, чрезвычайно сложна, и ее решение несомненно затянется на долгие годы. Но не в этом главная трудность: неизвестно, возможна ли вообще практическая реализация сформулированной программы.

Решение задачи существенно упрощается, если система (космическая цивилизация) посылает специальные сигналы, в структуре которых заложена информация относительно ее внутренней организации. Обнаружение подобных сигналов можно вести на основе методов, разрабатываемых теорией межзвездной связи. При такой постановке системный подход, по существу, смыкается со связным аспектом проблемы внеземных цивилизаций, здесь вновь возникает задача поиска позывных и проблема отличительных признаков искусственного источника, поскольку они облегчают задачу обнаружения. Однако полностью отпадают трудности, связанные с обменом семантической информацией, проблемой языка и «взаимопонимания», о которых говорилось выше.

Кибернетический, системный подход к проблеме поиска внеземных цивилизаций отличается наибольшей методологической строгостью, однако в практическом отношении он пока еще мало эффективен. В истории науки и техники известны многочисленные примеры того, когда

практически важные результаты достигались ценой отказа от излишней строгости, ценой разумного упрощения задачи. По существу, различие между фундаментальными и прикладными науками (включая прикладные разделы математики) заключается в различном отношении к критерию строгости. Нередко плодотворные в практическом отношении методы лишь позднее получали строгое логическое обоснование (например, обоснование дифференциального и интегрального исчисления было сделано только в XIX в.). С другой стороны, обоснование применяемых методов, строгая постановка задачи, анализ исходных понятий не только позволяют очертить область их применения, но и открывают совершенно новые горизонты.

Представляется поэтому несомненным, что в такой малоразработанной области, как проблема поиска внеземных цивилизаций, сочетание методической строгости в постановке фундаментальных проблем исследования с решением практических вопросов межзвездной связи, с разработкой конкретных систем обнаружения особенно необходимо. Только такое сочетание, только широкая разработка самых разных идей и методов может в конце концов привести к успеху.

Линкос — межпланетный язык

Г. ФРОЙДЕНТАЛЬ,
профессор (Нидерланды)

Границы математики расширяются. К концу прошлого века математики начали интересоваться лингвистическими проблемами. Правда, с обычными языками, слишком неуклюжими, слишком неправильными, слишком иррациональными, слишком нелогичными, у математики нет ничего общего. Но есть один язык, в котором можно использовать математические методы: тот язык, которым пользуются сами математики. Под этим языком я подразумеваю не только все богатство математических формул, этих сочетаний чисел с буквами, изображающими числа, с алгебраическими символами, слогами вроде $\log$ или $\sin$ и странными знаками, но также все те слова и фразы, взятые из обычного языка, которые можно найти в справочниках среди формул: такие термины, как «дано», «требуется найти», «следовательно», «заменим» и т. д.

Язык математических формул имеет длинную историю. В конце прошлого века итальянский математик Пеано сделал шаг к более радикальной формализации математического языка. Он попытался уложить в формулы не только предмет математической мысли, но и саму математическую мысль: повествовательные выражения, которыми окружены в учебниках и справочниках математические формулы. Он изобрел способы перевода на математический язык таких логических связующих выражений, как «и», «или», «не», «следует», «есть», «каждый», взятых из обычного языка. Кроме нового словаря, нужна была новая грамматика — новый синтаксис, как говорят логики. С тех пор объединенными усилиями многих математиков этот язык формул был достаточно разработан. Среди участвовавших в этой разработке математиков наиболее известны Расселл и Уайтхед, в начале нашего века переведшие значительную часть математики на логистический язык.

Странно, что этот язык очень мало используется как средство связи между математиками. Ученые, публикуя новые открытия, придерживаются старых привычек и продолжают пользоваться обычным языком. Может быть, и логистический язык кажется им слишком неуклюжим. Может быть, их пугает мысль об изучении нового языка. Тем временем логистический язык оказался очень ценным помощником в области математической философии и связи.

Все мы хорошо знаем, что обычные языки мало считаются с логикой. Всякий без труда согласится, что словарь обычных языков логически слаб, что значения одних и тех же слов бывают различными. Но не всякий сознает, что синтаксис обычных языков еще более произволен и случаен. Каждый, кто изучает высшую математику, сталкивается с этой проблемой на первых же лекциях: обычные языки со-

зданы не для того, чтобы выражать математическую мысль, и им трудно приспособиться к точности математики.

В этом отношении все языки западных цивилизаций сходны между собой. Они имеют одну и ту же основную синтаксическую структуру с главными и подчиненными предложениями, с подлежащими и сказуемыми, со связующими частицами и вопросительными оборотами. Эта система не могла возникнуть в различных языках независимо друг от друга. В какой-то момент истории синтаксис был логичнее и подходит ближе к синтаксису современного логистического языка. Потом, в конце II тысячелетия до нашей эры, совершилась словно какая-то языковая революция. Были изобретены относительные предложения и тому подобные ухищрения.

В обычных языках есть огромное множество способов, выражающих подчиненность: спряжения, относительные местоимения, порядок слов, времена глаголов, сослагательное наклонение, замена одних переменных другими (например, «он» вместо «ты» в фразе: «Я сказал Джону, что он должен прийти») и т. д. Логистический язык, как и математика, пользуется вместо этого различными видами скобок, чтобы показать, какие части текста связаны между собой теснее, чем с другими. Скобки служат чем-то вроде знаков препинания.

По-видимому, синтаксическое подчинение выражалось когда-то устными знаками препинания вроде пауз и изменений в интонации. Наша нынешняя система подчинения родилась, вероятно, с появлением письменности. В современных языках пунктуация — это едва ли что-нибудь большее, чем простая условность. В логистическом же языке пунктуацией определяется весь синтаксический строй фразы. С помощью различных типов скобок, как в математике, можно образовывать длинные цепи подчиненности. Цепь, состоящая из 20 звеньев, каждое из которых подчинено предыдущему, — совсем не редкость. В обычном языке такие структуры были бы непонятны. Конечно, логистический язык тоже заботится о ясности. Пригоршня круглых, квадратных и фигурных скобок только запутала бы текст. Для пунктуации есть и более эффективные способы, но они, вероятно, выходят за рамки этой статьи.

Другим отличием логистического языка от обычного является вопрос о так называемых переменных. Переменная — это нечто вроде пустой клетки, получающей определенное значение только после заполнения. Примером такой переменной может служить слово «собака» как обозначение любой отдельной собаки. Но оно становится названием какой-то определенной собаки, если я скажу «собака мистера Джонсона» или «собака, сидящая на углу улицы». Слово «я» — это переменная, которая становится названием того, кто ее произнес. Слово «сейчас» — переменная, которая, будучи произнесена, означает момент произнесения этого слова. В обычном языке имеются различные виды переменных, каждая из которых служит определенной цели: «сейчас» всегда относится ко времени, а «она» применяется всегда к предметам и явлениям, отнесенным к женскому роду.

В логистическом же языке переменные — это совершенно пустые клетки. Каждая из них может служить любой цели, и сказать об этой

цели может только контекст. Переменные ограничены пояснениями скобок. Обычно процесс ограничения переменной называется связыванием. Если переменная x должна относиться только к классу людей, то определение « x есть человек» добавляется в скобках. Тогда переменная x «обязана» относиться к людям. Такая фраза, как «У женщины, живущей напротив, есть служанка, работавшая раньше у моей матери», получает примерно такой вид: «У x (x — это женщина, живущая напротив) есть служанка y [y раньше работала у z (z — это моя мать)]». Такие конструкции возможны благодаря способам пунктуации, принятым у логистиков.

Кроме видов связи, служащих для определения переменных, есть и другие. В фразах «У меня есть автомобиль» и «Автомобиль есть средство транспорта» переменная «автомобиль» определяется различными способами, хотя в обычном языке в обоих случаях применено слово «есть». Первая фраза относится к *одному* автомобилю (хотя, если я владею несколькими, то нужно определить, к какому). Вторая фраза говорит нечто обо *всех* автомобилях. На логистическом языке первая фраза принимает вид: «Имеется некий x (x есть автомобиль, и я владею этим x)», а вторая: «Для каждого x [$(x$ есть автомобиль)] справедливо, что (x есть средство транспорта)». Но в обычном языке в обоих случаях употребляются одни и те же формы.

Математики обязаны пользоваться словами осторожно. Это одно из главных правил, которое должен усвоить всякий, специализирующийся по высшей математике. Он должен быть постоянно на чеку относительно всякой неясности, особенно если в одной и той же фразе употреблены различные связи.

Логистика в сущности — это только синтаксис. Если мы хотим использовать ее практически, нам нужен словарь: названия для людей и для их действий, если мы хотим описывать обычные ситуации, или названия для физических понятий, если мы хотим сказать что-то о физике. Проблема словаря отнюдь не относится к легким. И не потому, что материала не хватает: напротив, скорее потому, что выбор возможных решений чересчур богат и трудно бывает решить, что взять, а что отбросить. Эта особенность хорошо известна в каждой области познания. Первый шаг должен заключаться в постановке одной строго определенной, даже ограниченной проблемы. В данном случае я выбираю проблему построения языка для контакта с разумными существами, которые не знают никакого из языков нашей планеты и которым мы не можем показывать предметы. Мы должны предположить, что эти существа сходны с людьми по своим умственным способностям и развитию, хотя, конечно, это не обязательно означает сходство по внешнему виду.

Эта проблема легла в основу забавно написанной, но вполне серьезной статьи, опубликованной в 1896 г. блестящим математиком и антропологом Френсисом Голтоном. Сейчас технологические возможности для космического контакта складываются гораздо благоприятнее, чем в эпоху Голтона. У нас теперь есть электромагнитные волны, с помощью которых мы можем посылать в Космос радиосигналы. Не знаю, какая у них сейчас дальность действия. Я не специалист по связи и с удовольстви-

ем предоставляю эти проблемы более компетентным лицам. Не могу я также сказать, есть ли действительно где-нибудь во Вселенной разумные существа, которые могли бы получить и понять наши сигналы (хотя в этом отношении мое неведение ничуть не больше, чем у любого другого). Однако мне трудно поверить, что наша Земля — это единственная в Космосе точка, населенная разумными существами, хотя я готов признать, что ближайший сосед может жить от нас в тысячах и даже миллионах световых лет.

А тогда вполне может оказаться, что идея о космическом языке запоздала. Может быть, известия из далеких миров непрерывно мчатся туда и сюда в космическом пространстве на эфирных волнах и от нас требуется только, чтобы мы их услышали. Может быть, они несутся на длинных волнах, не могущих проникнуть в нашу атмосферу, и в этом случае нам придется слушать их с какого-нибудь космического аванпоста, с искусственного спутника и построить там станцию, чтобы переключаться на мировую сеть связи. Но это фантазии, которыми могут заниматься астрономы и физики. Вернемся же к настоящей теме этой статьи.

Я сделал некоторые наброски языка для космических контактов, который называю линкос (аббревиатура от полного названия «лингвистика Космоса»). Читатель, несомненно, найдет, что до сих пор я сделал очень немного. Для словаря, скажем, из 200 слов, не считая чисто математических и логистических терминов, понадобится том, состоящий из нескольких сот страниц. И это только начало. Мой словарь лишь приблизительный. Его нужно подвергнуть внимательной критике и проанализировать, чтобы избавиться от неувязок и слишком неуклюжих конструкций. Даже оставляя в стороне технические трудности, едва ли можно ожидать, чтобы мы смогли в ближайшем будущем говорить с другими мирами на линкосе.

Звуками в линкосе служат радиосигналы различной длительности и на различных длинах волн. Из таких звуков составляются слова. Лишь в некоторых случаях я указываю, как составить слово: для большинства слов это несущественная проблема, которую можно будет решить в будущем. Вместо собственно слов, состоящих из радиосигналов, я пользуюсь в своем тексте произвольными кодовыми словами. Эти слова являются в большинстве случаев сокращениями латинских слов, понятных по своим английским и французским производным.

Из этих слов можно составлять фразы, а из фраз — программные тексты. Предполагается, что слушатели воспримут поток сигналов как язык, а не как небесную гармонию. Если они сходны с человеком, то поступят с этими посланиями так же, как поступили бы и мы сами: попытаются расшифровать их. Язык им неизвестен, но в одном отношении им будет легче, чем расшифровщикам дипломатических или военных кодов. Такие коды строятся с тем, чтобы противостоять всем усилиям расшифровки без ключа, тогда как в посланиях на линкосе мы сделаем все возможное, чтобы сделать текст понятным для слушателя.

Со времени Голтона развилась не только техника связи. Построение космического языка стало возможным благодаря трудам современных ло-

гистиков. Скелет структуры — синтаксис — уже готов. Теперь остается только залить его бетоном и заложить кирпичом, т. е. создать словарь. Напомним читателю о крайней простоте логистического синтаксиса: в нем нет союзов, нет имен существительных, нет глаголов, склонений, спряжений, времен. Это попросту система пунктуации. В передачах на линкосе роль пунктуации будут играть паузы. Чем длительнее пауза, тем более подчеркнут знак пунктуации. Слушатель поймет этот принцип без объяснений, если вообще поймет что-нибудь. Паузы говорят сами за себя, и слушатель заметит прежде всего, что каждая фраза размечается паузами: синтаксический анализ с первого взгляда.

Но что же мы будем передавать? С чего начнем? С математики, конечно. Мы не можем представить ничего визуально, так что не можем начинать ни с чего конкретного. А нет ничего отвличеннее математики.

Первые тексты могут быть примерно такими: 4 точки, комплекс, который мы произвольно назовем *rof*, потом 2 точки, другой комплекс, который мы обозначим *rik*, потом 6 точек. После этого: 7 точек *rof* 9 точек *rik* 16 точек. Или: 3 точки *rof* 11 точек *rik* 14 точек. Читатель — и слушатель где-нибудь в Космосе — может понять, что *rof* — это «плюс», а *rik* — «равно». Но это немного преждевременно. По тексту можно также понять, что *rof* означает «равно», а *rik* — «меньше».

Значит, это явно неподходящее начало. Строить язык — это все равно, что идти через поле, усеянное множеством ловушек, и я уверен, что попал не в одну из них. Начнем же поосторожнее, с фраз, содержащих не более одного сомнительного слова, например: 4 точки *rik* 4 точки и т. д. Когда значение слова *rik* станет ясным, мы сможем посылать фразы такого типа без всякого риска. Таким же способом мы сможем вводить слова, означающие другие основные арифметические действия, и термины для обозначения «больше, чем» и «меньше, чем». Мы будем попросту посылать численные формулы, в которых есть эти слова. Не считая бесконечного количества чисел 1, 2, 3..., изображаемых одной, двумя, тремя и т. д. точками, у нас в распоряжении окажется словарь, состоящий из семи слов.

Точки-числа, конечно, в дальнейшем окажутся неудобными. В надлежащее время мы пошлем список, показывающий слушателям, как писать числа более сжатым образом. Конечно, мы будем пользоваться не десятичной системой, а двоичной, так как у нас нет причин полагать, что разумные существа на других планетах имеют по десять пальцев на руках и на ногах. Но для удобства читателей на Земле я буду здесь придерживаться десятичной системы.

Следующим шагом будет введение переменных. Мы пошлем ряды уравнений, например: $3 + 7 = 7 + 3$; $3 + 11 = 11 + 3$; $3 + 1 = 1 + 3$; $3 + 8 = 8 + 3$ и в конце концов $3 + a = a + 3$, откуда слушатель сможет понять, что неизвестный комплекс *a* должен означать переменную. Постепенно такие формулы с буквами будут становиться все сложнее и сложнее.

Затем можно будет ввести первый логический символ. Мы передадим пары алгебраических формул; в каждой такой паре второй элемент будет всегда выводиться из первого, а между ними будет стоять слово, которое

нужно понимать как «следует». Из контекста слушатель поймет, что это слово действительно имеет такое значение. Одновременно можно ввести такие слова, как «и» и «или».

Ноль, отрицательные числа и дроби можно будет вывести из текстов, похожих на тексты из школьного учебника алгебры. Следующим шагом будет введение десятичных (вернее, двоичных) дробей. Простые дроби переводятся в двоичную систему. А с введением периодических дробей слушателя можно будет познакомить с термином, который служит ключом ко всей математике: с термином «и так далее», одним из наиболее часто встречающихся в линкосо. Затем вводятся слова, означающие «целое число» и «дробь», и слово «есть», применяемое в такой фразе, как «3 есть целое число» (именно Пеано открыл, что слово «есть» отличается от синонима для слова «равно», примененного в фразе « $3 + 4$ равно 7»).

Самая трудная проблема состоит в том, как ввести слова «имеется» и «для каждого», но когда это препятствие будет преодолено, математика сможет развиваться по классическим формулам.

Вторая глава проекта линкоса посвящена понятию о времени. Для этого посылается комплекс, состоящий из еще неизвестного слова, например *dur*, довольно длинного тире, слова, означающего «равно», еще одного неизвестного слова, например *sec*, и, наконец, числа, выражающего действительную длительность тире в секундах. Таким образом, комплекс сигналов будет означать, что длительность тире равна такому-то количеству секунд. Этот же комплекс будет посылаться и с другой длительностью тире (следовательно, и с другим числом после него). Если проделать это несколько раз, то слушатель заметит, что число в сигнале всегда пропорционально длительности тире, и сделает вывод, что слово *dur* означает длительность, а слово *sec* — принятую у нас единицу времени (при этом необходимо менять длину волны для тире, дабы слушатель не подумал, что слово *dur* относится к количеству волн, содержащихся в тире).

Теперь слушатель познакомился с нашей единицей времени (хотя она будет до некоторой степени искажена вследствие относительного движения передатчика и приемника: если они приближаются один к другому, то тире укорачиваются, если удаляются — тире удлиняются).

Одновременно со словом «длительность» можно ввести слова «длина волны» и «частота». Точно так же можно ввести понятия «до» и «после» — с помощью двух тире на различных длинах волн и текста, говорящего: тире на длине волны x до (или после) тире на длине волны y . Потом можно передавать на определенной длине волны тиканье часов, продолжающееся в течение всей программы, и добавить указания о том, как «читать» часы. Отныне, если мы захотим говорить о прошлом или будущем событии, мы сможем сообщать его дату. Упомянув о событиях, можно проиллюстрировать их на многих примерах: происходит некоторое событие (например, сложная последовательность сигналов), а затем говорится, что «между моментами t_1 и t_2 произошло то-то и то-то», причем слова «то-то» и «то-то» заменяются копией происшедшего события. Таким образом слушатель узнает еще одно слово, означающее «происходит».

Третья глава лингвистического посвящена «человеческому поведению»; эта глава самая важная и сейчас самая трудная. Действительно, мы можем рассказывать слушателям о людях только на языке абстракции. Аналогично тому, как мы изображали цифры последовательностью точек, а длительность — рядами тире, так и теперь мы изобразим человеческое поведение в виде некой радиоигры. Актеры будут носить произвольные имена вроде А, В, С и т. д. Конечно, эти актеры должны проявлять какую-то деятельность, а так как для обозначения пространства или движения у нас нет слов, то единственным доступным видом их деятельности будет речь. Речь — это значит связь; в настоящий момент неважно, какие физические методы связи приняты на Земле. Но кроме актеров и деятельности нам нужен еще какой-то способ, чтобы отличать хорошее от плохого, так как действие не может основываться только на хорошем. Поэтому мы должны ввести два слова «правильно» и «неправильно», и актеры будут произносить их в знак одобрения или неодобрения.

Наконец, мы должны решить, о чем будут говорить актеры. Конечно, о математике, так как мы подробно изложили математику и другой темы у нас нет. Беседа будет состоять из вопросов и ответов, как в классе.

Первая беседа может происходить так. А говорит В: « x ($x = 2 + 2$)». В отвечает А: «4». А говорит В: «Правильно» (связь « $?x...$ » известна из первой главы; она означает «найти x так, чтобы...»).

Будет передано достаточное количество таких бесед. Последовательность чередующихся вопросов и ответов вызовет впечатление разговора, и слушатель догадается, что означает слово «говорит» и что А, В, С и т. д. — это имена существ, могущих разговаривать между собой. Так как правильные ответы сопровождаются словом «хорошо», а неправильные — словом «плохо», то слушатель поймет, что означают эти слова. Заметим, что «хорошо» и «плохо» — это не то же самое, что «верно» или «неверно». Если на вопрос «Сколько будет $2 + 2$?» дается ответ « $2 + 2 = 2 + 2$ », то этот ответ будет «верным», но не «хорошим».

В этих беседах можно обойтись без вопросительных форм, поскольку каждый вопрос можно сформулировать как задачу найти неизвестное. Так, вместо «Кто говорит А $2 + 2 = 4$?» можно сказать « $?x$ (x говорит А $2 + 2 = 4$)». Или вместо «Что А говорит В?» можно сказать: « $?x$ (А говорит В x)». И наконец, «Говорит ли А В: $2 + 2 = 4$?» можно выразить в виде: « $?x$ [x = истинность (А говорит В: $2 + 2 = 4$)]».

Теперь мы можем перейти к изображению некоторых других действий, которые в сущности не что иное, как варианты акта речи, в большинстве случаев разговора с самим собой. Передается ряд точек, и одновременно А считает их, т. е. произносит названия чисел. Потом В заявляет: «А считает их». Или мы слышим А, производящего вычисление, а потом В говорит: «А высчитывал». Или А старается найти что-нибудь (например, первое простое число за каким-то пределом — путем расчета или человека, сказавшего что-то, — путем повторения вопроса «Сказали ли вы, что...?»), а потом В говорит, что «А искал (и нашел)». Аналогичным образом можно объяснить понятия «доказал», «описал», «изменил», «прибавил», «опустил» и пр.

Понятие «знать» гораздо труднее. Происходит беседа, в которой А спрашивает у В: «Сколько будет $2 + 2$?» В отвечает: «4», и тогда А заявляет, что В *знает*. Но этого недостаточно. Значение слова «знает» лучше показать на менее прямых признаках. Например: А спрашивает у В: «Сколько будет $2 + 2$?» и В отвечает: «4»; тогда А говорит: «В *знает*, о чем я спросил». Или передается мелодия, и, когда В напевает ее, А говорит: «В *знает*, что передавалось».

Следующее слово — «догадаться». Оно появляется, когда В знает о некотором событии, хотя никто не говорил ему о нем; В узнал о нем, как только оно случилось. Поэтому А говорит: «В *догадался* о нем». Это слово требует широкого контекста. Слова «понимать» и «обмолвиться» легче. Их можно проиллюстрировать на простых примерах.

Очень важным и довольно легким является слово «почти», или «приблизительно». Приближенные решения алгебраических уравнений, приближительное воспроизведение звуков и т. д. помогут нам ввести это слово в контекст. Сравнивая различные приближения, мы приходим к понятию об ошибке приближения. Когда применение слова «почти» стало понятным, такие слова, как «много», «мало», не представляют трудностей. Теперь точную хронологию, полученную путем отсчета по часам, можно заменить приближительной. Это значит, что мы можем ввести понятия «недавно», «вскоре», «давно» и т. д. К этой же группе слов относятся и «сейчас». Оно определяется с помощью такой фразы: «Каждый раз, когда оно встречается, слово *сейчас* означает приблизительно момент своего произнесения».

Слова «необходимо» и «возможно» («быть в состоянии») чрезвычайно трудны и требуют богатого контекста. Сравнительно простым словом является «возраст» (человека). А заявляет, что В не может знать о таком событии, так как оно произошло слишком давно, и отсюда С заключает, что возраст В меньше такого-то количества секунд. Начало и конец «существования» человека определяются как границы, в которых индивидуум может наблюдать что-нибудь, — этого предварительного определения пока достаточно. Можно добавить картину развития индивидуума: в каком возрасте человек начинает говорить, считать, производить расчеты, решать квадратные уравнения и т. д.

Здесь появляется новый актер — D. Он может наблюдать явления и издавать непонятные звуки, но не может говорить, считать, выполнять расчеты и пр. Тогда можно объяснить, что А, В и С относятся к классу «человек», а D — к классу «животное»; этот класс мы пока не будем дифференцировать. Здесь же можно дать статистический обзор живущего человечества по возрастам.

Теперь мы можем обратиться к такой категории слов, как «хотеть». «позволять», «быть вынужденным», «быть дозволенным», «быть запретным», «прилично», «вежливо». Лицо, к которому обращаются, отказывается отвечать: «Я не хочу...» Лицо заявляет, что оно или другие лица собираются сделать что-нибудь, применяя формулу «Я хочу...» Двое *обещают* друг другу сделать что-либо, и третье лицо заключает, что они, следовательно, *обязаны* сделать это. Лжеца *заставляют* сказать правду. Ученику *запрещают* подсказывать. *Дозволяется* сказать: «Я хочу, чтобы

вы сделали это», но более *вежливая* формулировка будет звучать: «Я хотел бы, чтобы вы сделали это».

Этот конфликт между необходимостью, долгом, желанием, силой и возможностью достигает апогея в конце главы о человеческом поведении, когда между актерами устраиваются игры. Такие игры будут оканчиваться «победой» одного из партнеров и «проигрышем» других. Пусть А и В играют в очень простую арифметическую игру: они поочередно называют числа от 1 до 10, и эти числа суммируются. Выигрывает тот, кто первым достигает 100. Или пусть А и В играют во что-нибудь вроде «подбора монет»: одновременно и независимо друг от друга они говорят «один» или «два». Если они выбрали одно и то же число, выигрывает А, если разные — выигрывает В. И, наконец, есть игры для троих: двое могут объединиться против третьего, который будет пытаться разрушить этот союз, обещая какие-нибудь преимущества одному из союзников.

Хотя тематика бесед все еще подчинена математике, а поведение актеров является преимущественно рациональным, но уже можно заметить в этом поведении эмоциональный фон. Теперь мы можем показать довольно сложный характер взаимоотношений на следующем примере. А делает В какое-то заявление. Потом он замечает, что сказанное мог услышать С. Он спрашивает у С, слышал ли он, и тот отвечает утвердительно. Тогда А спрашивает, не будет ли С настолько любезным, чтобы забыть об этом. С отвечает: «Я попытаюсь забыть, но не знаю, смогу ли, ибо многое забывается немедленно, но есть и такое, о чем человек помнит всю жизнь. Легче забыть что-нибудь, чего забывать вы не хотите, чем забыть то, что вы хотите забыть».

Для передачи этой сцены на линкосу нужно вдвое больше слов, чем на английском языке, но средняя длина слова в линкосу составляет около $\frac{1}{4}$ английского. В этом тексте применена пунктуация до 12-й степени.

■ МАТЕМАТИКА — ИНСТРУМЕНТ ПОЗНАНИЯ МИРА

Нельзя согласиться с утверждением Фрейдентала, будто математика является как бы наиболее отвлеченным предметом от специфики человеческого познания природы и поэтому математические свойства наиболее «объективно», «абсолютно» присущи некоторой сути явлений внешнего мира.

Наши математические представления являются также продуктом высокоабстрагированной деятельности человеческого сознания.

Математические структуры не «присутствуют» в объективном мире — это мощный инструмент человеческого познания, соответствующего описания действительности.

Ряд математических понятий отражает некоторые стороны объективной реальности, но отражает в переработанном сознанием виде — как идеализированные логические схемы, включающие в качестве принципиальной компоненты и идеализацию соответствующего метода познания.

Б. Н. Пановкин,
кандидат физико-математических наук

Четвертая глава в проекте линкоса посвящена механике, но поведение человека продолжает играть в ней роль, хотя и на другом уровне. Человеческие существа, с которыми мы познакомились в третьей главе имеют только одно измерение: время. Ничего не говорится ни о пространстве, в котором они двигаются, ни об их телах. Актеры, говорившие, выражавшие свои желания, игравшие и борющиеся между собой, — все это только смутные тени.

Первым новым понятием, вводимым в этой главе, станет понятие различия в положении. Пусть А и В наблюдают одно и то же событие в разное время; следовательно, они находятся в различных местах. Тогда определяется расстояние: между А и В оно пропорционально запаздыванию сигнала от А до В. Затем определяется пространство как нечто охватывающее все положения; в нем даются расстояния. После этого экспериментального введения можно определять пространство и расстояния чисто математически, с помощью аналитической геометрии. Таким образом, фигуры в пространстве можно описывать с помощью формул. Правда, слушатели еще не знают наших мер длины. Единственными абсолютными мерами, которые мы можем привести на этом этапе, являются средний рост и средний объем взрослого человека, и из этих данных можно вывести лишь самые приблизительные величины наших мер.

Понятие о движении вводится так, что мы говорим о людях и животных, меняющих место, а затем даем этому точное математическое определение. Люди и животные могут двигаться по своей воле, предметы не могут. Люди и животные могут приближать предметы к себе и удалять их от себя, они могут брать и бросать их.

Особым видом движения являются волны и колебания. Есть колебания, распространяющиеся с огромной скоростью; они называются светом. Можно теперь сообщить о скорости света, и слушатели, более или менее знакомые с нашей единицей времени, смогут перевести наши меры длины в свои, сравнивая наши данные со своими. После этого мы мо-

■ ЛИНКОС — ИСКУССТВЕННЫЙ ЯЗЫК НАУКИ

В той форме, в какой его создал Фрейденталь, линкос вряд ли может быть использован для радиопередач в какие-нибудь отдаленные планетные системы... По сути дела, такая цель является для автора только удобным предлогом для разработки некоторого искусственного языка науки, объединяющего преимущества формализованных языков математической логики, с одной стороны, и гибкость и богатство живых естественных языков — с другой.

Л. А. К а л у ж и н,
профессор

ИЗ РЕЗОЛЮЦИИ ПЕРВОЙ
МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«СВЯЗЬ С ВНЕЗЕМНЫМИ
ЦИВИЛИЗАЦИЯМИ»

«По ряду конкретных деталей этой проблемы мнения участников конференции не совпадали, но участники согласны тем, что перспективы контакта с внеземными цивилизациями достаточно благоприятны для того, чтобы оправдать развертывание ряда хорошо подготовленных программ поиска; они также согласны тем, что существующая технология дает возможность установления контактов с внеземными цивилизациями.

жем передать формулу, в которую входит длина волн, испускаемых атомом водорода. В эту формулу входит так называемая постоянная Рюдберга, из которой можно гораздо точнее вывести нашу единицу длины.

Следующее понятие — это понятие массы. Актер говорит, что из двух предметов один гораздо труднее нести, чем другой. Объем у них одинаковый, так что разница обусловлена другим фактором — массой. Затем сообщается о соударении и объясняются классические законы упругого соударения. Отсюда слушатели могут уяснить, что именно мы понимаем под массой, хотя наша единица массы им еще неизвестна. Затем мы можем описать явления тяготения и дать закон Ньютона. Сравнив его с законами «своего Ньютона», слушатели смогут рассчитать нашу единицу массы.

Это были основные понятия механики. Вместе с тем мы показали, что у людей, животных и предметов есть одна характеристика, которую можно назвать телом и которая может с течением времени изменяться. Можно указать среднюю массу человеческого тела и сообщить, что существование этого тела начинается несколько раньше и продолжается несколько дольше, чем существует индивидуум, которому оно принадлежит. Затем мы можем описать, как и где возникает человеческое тело.

После этого можно сообщить о телах со столь большой массой, что они должны быть небесными телами: о Солнце, планетах и ближайших звездах. Можно привести массы, орбиты, скорости и прочие характеристики планет нашей Солнечной системы и указать, что люди живут на одной из них. Если теперь мы передадим карту нашей части Космоса, то слушатель в другой звездной системе сможет искать ту точку, где обитает человечество.

Четвертую главу можно заключить кратким изложением теории относительности — это необходимо, так как без нее в наших передачах будут серьезные пробелы. В дальнейших главах запланировано рассмотреть материю, географию, анатомию и физиологию и еще раз — поведение человека. Эти главы еще нужно разработать. Пока же четыре намеченные здесь темы дают достаточно материала для первого тома о линкесе.

В геологической истории биосферы перед человеком открывается огромное будущее, если он поймет это и не будет употреблять свой разум и свой труд на самонстребление.

В. И. Вернадский

6

Человечество — цивилизация космическая?

Возможности человечества грандиозны, свидетельство тому — неудержимый взлет науки и техники, характерный для современной научно-технической революции. Уже осуществлены полеты в Космос, мы постепенно осваиваем околоземное пространство, зондируем космическими аппаратами ближайшие к Земле планеты. Разрабатываются в плане практическом полеты человека на другие планеты Солнечной системы. Обсуждаются проблемы возможных межзвездных полетов. На повестке дня — обсуждение и философской проблемы космической роли человечества.

До недавних пор дискуссии по всем этим вопросам носили абстрактный характер, теперь же, когда исследование проблемы населенного Космоса преследует цели практические, все более актуальным становится и изучение вопроса о космической роли человечества.

Но следует всегда помнить, что только установление на всей Земле подлинно справедливого общества, не знающего никакого вида угнетения человека человеком, общества, построенного на научных основах и научно управляемого, является тем единственным путем, идя по которому, человечество получит моральное право и реальную возможность включиться в космическую цивилизацию, если таковая будет нами открыта.

Космос и человек

Э. КОЛЬМАН,
академик Чехословацкой
Академии наук

Возрастание потребностей общества определяется двумя факторами — ростом численности народонаселения Земли и ростом потребностей индивидуума. Как показывают исторические факты, темпы роста численности народонаселения (несмотря на колебания, вызываемые войнами, эпидемиями и т. п.) неуклонно ускорились вследствие повышения средних показателей рождаемости и понижения смертности, в результате улучшения условий жизни. Мы не станем гадать, будут ли и насколько будут эти темпы увеличиваться и впредь, или же человечество на определенном этапе своего развития, исходя из новых достигнутых им совершенно отличных от современных технико-экономических и социальных условий, станет их регулировать. Но если отвлечься от этих возможных изменений и принять, что современные темпы роста народонаселения Земли в общем сохранятся в течение ближайшего столетия, то количество жителей нашей планеты, насчитывающее ныне свыше 3 млрд. человек, к началу XXI в. почти удвоится, а через 100 лет превысит 20 млрд. Что же касается личных потребностей отдельного человека в продовольствии, жилье, одежде, во всех материальных и культурных благах, то они также будут быстро увеличиваться. А насыщение возрастающих жизненных потребностей человеческого общества будет требовать все больше и больше средств — энергетических и сырьевых.

Задумываясь о своем будущем, человечеству необходимо уже сейчас начать освоение космического пространства и других планет.

Даже если предположить, что в будущем удастся полностью использовать всю толщу земной коры, очевидно, рано или поздно, но неизбежно наступит время, когда для неограниченно расширяющихся потребностей возрастающего населения Земли сырье, которое может дать ограниченная масса вещества земного шара, окажется недостаточным, исчерпанным. Придется серьезно подумать об эксплуатации Луны и других космических тел.

Космическое сырье станет тем более необходимым потому, что к тому времени земное вещество окажется дефицитным не только как источник сырья, но и как источник энергии. Хотя неиспользованные запасы можно считать с нашей сегодняшней точки зрения практически неисчерпаемыми — мы имеем в виду прежде всего атомную, а затем термоядерную энергию, — в далеком будущем опять придется искать вне пределов нашей планеты запасы вещества (возможно, будут использованы малые планеты — астероиды), которое могло бы служить для производства энергии.

Однако противоречие между ограниченностью Земли и относительной неограниченностью размножения человеческого рода и его потребностей

не является единственной движущей силой, вынуждающей нас устремиться в Космос. Хотя механическая стабильность нашей планетной системы, а также и радиоактивная и термодинамическая стабильность Солнца чрезвычайно большие, они все же не беспредельны. Когда-нибудь либо Земля отдалятся настолько от Солнца, или же Солнце настолько охладет, что это исключит для людей возможность жизни на Земле, либо, наоборот, жизнь для них здесь станет невозможной потому, что Земля слишком приблизится к Солнцу. Хотя ничтожно мала вероятность, чтобы любая из этих альтернатив (современная астрономия не в состоянии пока надежно предсказать, какая именно из них и когда наступит) произошла раньше чем через сотни миллионов лет, человечество не станет пассивно дожидаться грозящей ему гибели. Наука и техника столь отдаленного будущего найдут средства, чтобы сохранить человеческий род.

Будут ли люди по желанию регулировать орбиту Земли, станут ли поддерживать на Земле необходимые для жизни оптимальные условия искусственно, переселятся ли они на другие космические тела, возможно ими самими построенные, или, быть может, переберутся в другую планетную систему (если такая будет открыта) — все равно эти или другие способы, которые сегодня едва в состоянии вообразить наша фантазия, будут так или иначе сопряжены с выходом человечества в Космос. Современные первые робкие шаги космонавтики вовсе не преждевременны. Отсюда начинается эпоха длительной подготовки к процессу космического преобразования человечества, процессу, который включит в себя и изменения биологической природы человека, его адаптацию к условиям, отличным от земных.

Третья причина, побуждающая человека к проникновению в Космос, лежит в самой сущности процесса познания.

Познание всегда устремляется далеко за пределы непосредственно изучаемого предмета, неизбежно ищет связи с самыми отдаленными в

■ КОСМОС ДЛЯ ЧЕЛОВЕКА

Пока начата только разведка Космоса. Поэтому хочется подумать о будущем. Сейчас даже трудно представить весь необходимый для освоения Космоса гигантский объем научных исследований и технических свершений.

Предстоит создать аппараты и приборы для методического изучения условий, ожидающих человека в межпланетном пространстве (солнечные вспышки, пылевые облака, метеорные рои, невесомость). Предстоит создать сложные автоматические устройства для изучения планет Солнечной системы. Эти устрой-

ства позволят получить данные о радиационных и магнитных полях, об атмосфере, о характере поверхности, о биосфере, если она есть, и т. д. Все это необходимо для успешных полетов человека на планеты и их спутники. Предстоит создать большие космические корабли для многолетних путешествий к планетам. Они должны быть оснащены аппаратурой для сверхдальней связи и навигации, энергетическими установками, средствами обеспечения экипажа кислородом, пищей и водой.

Для решения этих задач нужно создать новые и развивать старые (и они уже сейчас создаются и развиваются) отрас-

пространстве и времени явлениями. Самим материальным единством мира и его диалектикой дана связь между любым единичным объектом и всем бытием в целом. Поэтому, чтобы познать единичное явление, надо познать весь мир (а также и наоборот). Исследование земных явлений неполно без исследования Космоса, без проникновения в него, без его освоения.

Земная физика, химия, геология, биология, а также и психология, и социология по мере проникновения в Космос все более и более станут науками космическими. «Окончательное» решение (точнее, относительно «окончательное») многих как раз наиболее трудных проблем строения вещества, возникновения Солнечной системы, развития Земли, зарождения и эволюции органической жизни, психических и социальных закономерностей станет, по-видимому, возможным, лишь когда мы благодаря космонавтике расширим наши знания за счет изучения явлений, имеющих на других планетах, а в дальнейшем и в других звездных системах.

Открытия в Космосе избавят человека от многих ограничений. В результате мы откажемся от представления, будто земные закономерности обязательно являются типичными для всей Вселенной. Возможно, что они таковыми не являются.

Однако многие из этих не поддающихся сегодня решению фундаментальных проблем имеют не только теоретическое, познавательное, мировоззренческое, но и сугубо практическое значение.

Чтобы показать очевидность практического значения указанных проблем, достаточно привести только один пример — значение исследования вопроса о возникновении нашей планеты.

Существующие ныне космогонические гипотезы представляют начальную стадию истории Земли в диаметрально противоположном виде. Согласно взглядам некоторых астрономов, геологов и геофизиков, Земля, возникнув из горячего газа, истекавшего из Солнца, первоначально пред-

ли науки и техники, такие как кибернетика и техника электронных вычислительных машин и анализаторов, без которых немыслимо создание космических кораблей будущего; планетология (старая наука, но она сейчас как бы рождается вновь); средства исследования планет прямыми и косвенными методами; наука о Солнце и средства службы Солнца, возможно, с околосолнечными автоматическими спутниками, по данным которых можно наблюдать и прогнозировать «солнечную погоду» (вспышки, их количество, интенсивность и направленность потоков излучения и т. д.); космическая биология и медицина, а также техника

обеспечения жизни людей в полете.

Наконец, потребуются решить задачи не только освоения планет Солнечной системы, но и создания обсерваторий, станций искусственных планет-поселений в Космосе, которые позволили бы расширить и углубить исследования Вселенной, расширить сферу жизни людей, а также осуществить путешествия к звездам.

Решение этих задач потребует от человечества гигантских усилий.

Нередко приходится слышать различные скептические высказывания по поводу целесообразности таких усилий.

Одни, например, говорят: «Освоение Космоса — это конечно интересно. Но зачем

ставляла собой раскаленное тело, которое постепенно остывало. Другие ученые считают, что Земля возникла из окружавшего Солнце пылевого облака, была первоначально холодной и стала нагреваться только впоследствии в результате радиоактивных и тектонических процессов. Если правы первые, то земная кора — это шлак, образовавшийся на поверхности раскаленной массы. А если верны взгляды вторых, то кора — неотделимая составная часть нашей планеты. Соответственно этому земная кора должна обладать различной историей и структурой. Но от этого должно зависеть и направление исследования условий образования, распространения в ней месторождений, залегания и состава металлических руд, угля, нефти, солей, строительных материалов, подземных вод и газов. Рассудив, какая из этих гипотез истинна, мы сумеем, следовательно, радикальным образом улучшить разведку и использование природных богатств и повысить благосостояние народов. Но сделать это сможем, лишь решив космогоническую проблему, для чего необходимо исследовать строение и воссоздать историю Луны, Марса, Венеры и т. д., по возможности побывав на них.

Проникновение в Космос дает уже сейчас и даст в ближайшее время непосредственно ощутимые практические результаты для нашей повседневной жизни, хотя мы не всегда это сознаем. Во-первых, многие приборы, изобретенные специально для искусственных спутников и космических ракет, оказались весьма полезными и для земных целей. Во-вторых, специальные искусственные спутники как ретрансляционные станции для радио и телевидения позволяют осуществлять передачи для всего земного шара. В-третьих, метеорологические спутники дают возможность построить точную модель земной атмосферы и следить за ее изменениями и тем самым обеспечивают надежные долгосрочные прогнозы погоды. Значение таких прогнозов для сельского хозяйства, для многих отраслей промышленности, для транспорта и связи трудно переоценить. В-четвертых, космонавтика стимулирует развитие многих промышленных от-

оно нужно нам, нашему поколению? Ведь люди будут жить в Космосе, может быть, только через тысячу лет, а тратить силы и средства приходится сейчас, когда на Земле многим не хватает пищи, одежды и жилищ? Давайте, устроим сначала жизнь на своей планете, а Космос подождет (а может быть, и совсем не потребуетя!)».

Другие говорят: «Космос, прогресс человечества, расширение сферы его жизни... будет ли все это? Ведь в наше время мир находится в весьма неустойчивом состоянии. При современных средствах уничтожения, находящихся в руках различных государств, не придет ли он в ближай-

шем будущем к катастрофической ядерной войне и к гибели цивилизации? Но даже если война и будет предотвращена, куда пойдет развитие?» — рассуждают они далее.— «Уже сейчас ясно, что ученые, действуя методично, могут создать искусственно (возможно, из неорганических элементов) существа более высокого интеллекта, чем человек, способные жить в более широком диапазоне условий окружающей среды. Уж если «слепая» природа смогла создать человека методом «проб и ошибок», то последовательно-логическая работа ученых безусловно позволит сконструировать существо более разумное и лучше приспособ-

раслей, которые без нее вряд ли развились бы столь быстрыми темпами и добились столь поразительных успехов, как это имеет место в электронике, радиотехнике, телемеханике, химии тугоплавких материалов, ракетного топлива и др.

Изменения, которые завоевание Космоса принесет человеку, будут разнообразны и глубоки, сегодня их можно предвидеть лишь в самых общих чертах. Но одно бесспорно: проникновение в Космос может стать мощным фактором сплочения человечества.

Действительно, осуществление грандиозных проектов освоения Луны, исследования Марса и Венеры, позднее — посещение областей более далеких планет, а еще позже — создание ракеты, которая сможет вырваться за пределы нашей планетной системы, — все это потребует такой колоссальной концентрации научных и технических средств, таких огромных затрат материалов и энергии, которые возможно осуществить лишь объединенными усилиями всего человечества. Так, от первоначального научно-технического соревнования силой внутренних закономерностей развития науки и техники мы неизбежно должны прийти ко все более широкому и тесному конструктивному сотрудничеству. Это процесс, в некотором отношении аналогичный тому, который обусловил самую возможность возникновения и развития космонавтики: несмотря на возрастающую специализацию всех отраслей науки и техники, предпосылкой космонавтики была и есть их совместная целенаправленная работа.

Рассуждая о переменах, которые освоение Космоса внесет в общественную жизнь, мы ограничимся здесь лишь рассмотрением «ближайшего времени», т. е. времени, измеряемого столетиями, а не тысячелетиями или миллионами лет. (Не потому, что попытки дать столь долгосрочные прогнозы считаем неправомерными: на наш взгляд, они вполне уместны и поучительны, стимулируя творческое мышление, хотя неизбежно содержат немало фантастики.) Мы не станем рассматривать здесь последствия, которые для человечества могла бы повлечь за собой встреча (или хотя

ленное к жизни. А люди безусловно обречены на «вырождение»: по мере «насыщения» знаниями об окружающем мире будет пропадать интерес к нему; по мере улучшения условий жизни, безопасности, у человека будет ослабляться жизнеспособность и воля к борьбе за существование, и раньше, чем человечество освоит космическое пространство, оно вытеснится более приспособленными к жизни автоматами).

Вообще, сомнения высказать гораздо легче, чем их разрешить или опровергнуть. Однако подумаем над теми, которые здесь приведены.

Нет нужды пытаться прогнозировать бу-

дущее человечества на тысячу лет. Проблема освоения Космоса — это проблема наших дней. Нельзя, открыв дверь в новый мир, тут же ее и захлопнуть. Нельзя остановить движение вперед. И хотя главное значение космических исследований нашего времени в том и состоит, что они прокладывают дорогу в будущее, открывают новую сферу жизни человечества, эти исследования будут иметь и уже имеют практическое значение для нас. Развитие космических исследований, реализация сложных программ создания космических ракет-носителей, автоматических космических станций и космических кораблей ведет к бурному росту но-

бы установление связи) с какими-то другими, внеземными цивилизациями, если таковые существуют. Не потому, конечно, что эта возможность абсолютно исключена, а потому, что из-за крайнего разнообразия и чрезвычайного богатства форм природы разумные обитатели планет других звезд могут оказаться столь отличными от нас, людей, что совершенно нельзя предугадать, во что вылились бы контакты между нами и ими.

Итак, давайте со многими оговорками рассмотрим, какие изменения появятся в экономике и технике, в политике и праве, в науке, философии и в искусстве, в самом физическом, психическом и моральном облике человека благодаря его проникновению в Космос.

Экономический потенциал человечества, иначе говоря, сумма возможностей, определяющих его технико-экономическую способность осуществить те или другие цели, которые оно будет ставить себе в плановом порядке, охватывающем всю Землю, потенциал, зависящий от количества, состава, состояния и роста населения, от энергетики, запасов и добычи сырья, уровня промышленности, сельского хозяйства, транспорта, связи, обслуживания населения, этот потенциал в результате космических успехов станет практически неограниченным. Единое мировое хозяйство, черпая из природных богатств Луны и других космических тел сырье и энергию, избавится от земной ограниченности. Исчезнут пределы использования атомной и термоядерной энергии и всех других энергетических источников.

Комплексная автоматизация промышленности и сельскохозяйственного производства, транспорта, связи, бытовых услуг, планирования и учета, научного исследования облегчит физический и умственный труд. Будет достаточным досуг и достаточно времени для занятий научным и художественным творчеством, для спорта и туризма. Человечество осуществит гигантские преобразования родной планеты, превратит пустыни, джунгли, тайгу и полярные области в обитаемые плодородные земли,

вых отраслей науки и техники. При этом результаты этого развития сказываются и в обычной «земной» жизни, находят применение в тех отраслях науки и техники, которые преследуют вполне «земные» цели. Это, так сказать, косвенное влияние.

Некоторые успехи космической техники уже сейчас начинают прямо вторгаться в повседневную жизнь: спутники-регистраторы расширяют возможности связи и телевидения, навигационные спутники повышают надежность судовождения в океанах, метеорологические спутники позволяют значительно улучшить службу погоды на Земле. Проникновение

в Космос, его освоение человечеством — дело не отдаленного, а ближайшего будущего. Нельзя противопоставлять работы по исследованию Космоса работам по повышению уровня жизни на Земле. Это две стороны прогресса, между которыми нет противоречий.

Что касается возможности и опасности термоядерной войны, то тут может быть только один ответ: человечество должно приложить все усилия к предотвращению войны. Оно обязано это сделать, если хочет выжить.

Вопрос о «вытеснении» человечества им же самим созданными более разумными существами сложнее. Можно привести

научится регулировать погоду, улучшит климат на экваторе, в Арктике и в Антарктиде.

Человечество навсегда покончит с голодом и порабощением — это первые непереносимые условия наступления космической эры. Люди будут работать сознательно, не чувствуя принуждения, в том числе и экономического, ибо труд превратится для них в естественную потребность в обществе, сосредоточившим усилия всего человечества для достижения общих целей, требующих как раз неизбежно и проникновения в Космос, и овладения его богатствами.

Изменения общественного сознания, которые вызовет освоение Космоса, далеко не ограничены одной только правовой и политической сферой. Как мы уже отметили, громадные революционные сдвиги произойдут во всех науках. Возможность установить астрономические приборы вне атмосферы Земли, на искусственных спутниках или на Луне, увеличит во много раз размеры доступной наблюдению части Вселенной, вследствие чего будут решены многие пока не решенные проблемы в астрономии, физике, химии, геологии и, весьма возможно, открыты новые явления и закономерности. И то же, что относится к мегамиру, будет иметь место и по отношению к микромиру: физические лаборатории на спутниках дадут возможность изучить при помощи космических лучей сверхмощных энергий недоступные для земных ускорителей закономерности мира элементарных частиц.

Высадка человека и автоматической аппаратуры на Луну (равно как и сами космические полеты) создает мощные стимулы для развития не только науки о неживой природе, но и для биологии, психологии и медицины. Эти науки должны будут прежде всего исследовать поведение космонавтов в непривычных условиях больших ускорений и отсутствия тяжести во время полета, следствия, сказывающиеся при возврате их на Землю, возможные генетические последствия космического облучения. Далее, они должны будут изучать состояние человеческого орга-

несколько возражений. Например, нужно ли человеку создавать разумные «существа», способные размножаться, достаточно компактные, чтобы они были способны «вытеснить» человечество? Сейчас более логичным представляется отрицательный ответ. Правда, могут сказать, что более разумная «машинная» цивилизация с какого-то этапа может развиваться стихийно, и люди не смогут контролировать ее развитие. Но едва ли более разумная цивилизация будет нуждаться в уничтожении или в вытеснении другой разумной цивилизации...

Конечно, люди будут стремиться создавать высокоорганизованные, достаточно

компактные системы, способные действовать в широком диапазоне условий окружающего мира (их мы сейчас называем автоматами, автоматическими межпланетными станциями и т. п.), но это будут специализированные устройства, предназначенные для исследования Солнца, планет, земных и инопланетных недр и т. д. Создадут электронные устройства, обладающие громадной оперативной памятью и большими (по сравнению с человеческим мозгом) возможностями анализа и переработки информации. Однако нет никакой нужды делать эти устройства способными самоорганизовываться и размножаться.

низма и психики в совершенно отличных от земных обстоятельствах, с которыми встретятся те, кто будет монтировать в Космосе пересадочные станции и работать на них или создавать на Луне и других космических телах базы с искусственными условиями и обслуживать их. Наконец, эти науки должны будут заниматься усовершенствованием человека — улучшением его наследственных задатков, усовершенствованием его свойств как физических, так и (через психологию и педагогику) духовных. Освоение Космоса поможет решению загадки возникновения жизни и осуществлению искусственного синтеза хотя бы простейших живых организмов.

Открытие нового в биологии Космоса, возможно, ускорит ликвидацию различных болезней. Средняя продолжительность жизни повысится до 100—120 лет, до возраста, когда смерть, как это предвидел великий русский физиолог И. И. Мечников, быть может, перестанет пугать и удручать человека.

Космический век человечества, путь к которому является вместе с тем путем к бесклассовому коммунистическому обществу, изменит не только содержание науки. Наука перестанет быть занятием лишь одной общественной группы, она станет общенародной, ею овладеют широкие массы.

Материалистическое понимание природы, которое было одним из необходимых условий, сделавших возможным возникновение космонавтики, будет непрестанно углубляться, пополнять и исправлять отдельные свои положения, заменять их новыми, усовершенствуя свой метод познания — материалистическую диалектику.

Не в меньшей, а быть может еще в большей мере, чем наука, в космической эре искусство станет массовой деятельностью. Избавившись от забот о заработке и имея большой досуг, человек будущего сможет широко развивать свои художественные дарования. Усовершенствованные средства коммуникации — цветное телевидение, стереокино и другие —

Если же когда-либо люди сочтут целесообразным создать и создадут общество «сущест», более приспособленных для жизни в бесконечных просторах Вселенной, то ведь в этом случае оно будет прямым детищем человечества, прямым продолжением и развитием человеческой цивилизации в Космосе.

Сомнения, связанные с тем, что по мере накопления знаний, по мере роста благосостояния и комфорта люди не найдут себе новых сфер для поиска и исследований и сил для борьбы за существование («усыпление комфортом и безопасностью»), представляются несерьезными. Пока что наблюдается обратная картина:

чем больше мы узнаем о Вселенной, тем шире раздвигаются ее границы, тем больше понятного и неисследованного впереди, тем с более сложными задачами и с новыми опасностями сталкивается человек. Достаточно привести, к примеру, проблему полета к звездам. Сейчас практически не видно путей решения этой задачи. Можно пока лишь говорить о «непреодолимых» препятствиях и опасностях, которые ждут человека на этом пути. И все же и эта задача, наверное, может быть решена и рано или поздно окажется под силу человеку. Но тогда возникнут новые проблемы, и этому не видно конца.

сделают любое художественное произведение доступным каждому. Люди в своей массе станут не только любоваться искусством, но и творить его.

Освоение Космоса ознакомит человека с новой средой, вызовет новые для нас эмоции, внесет в искусство новое содержание и новые формы. И техника будущего даст новому искусству новые средства для материализации его образов: возможно, звучащие краски, динамическую скульптуру и живопись, меняющую свои формы, симфонии запахов и т. п. Но как бы ни отличалось это искусство будущего от того, что достигнуто сегодня, мы уверены — оно будет отражать действительность в прекрасных образах, объективно, материалистически, отвечая тем самым оптимистическому общественному сознанию своей эпохи.

Каковы будут эти люди, которые будут жить в «космическом завтра»? Человеку легче познать окружающий его мир, чем самого себя. Мы сможем высказать здесь лишь несколько наиболее общих соображений о будущем человеке, да и то скорее о том, каким он не будет, чем каким он будет.

Так как исчезнет рассадник всех пороков — товарное хозяйство с его куплей и продажей, неравенство экономического и социального положения людей, поскольку все люди, способные к производительному труду, будут непременно участвовать в нем, то будут забыты все проявления звериного начала и собственнического эгоизма. Человек станет подлинно гуманным и сумеет гармонически сочетать личные и коллективные интересы.

Это будет человек всесторонне и глубоко образованный, мыслящий строго логически и смело, сильный и выносливый, красивый и любящий красоту, чуткий и правдивый, неутомимо преодолевающий все препятствия на своем пути.

Этот человек будущего формируется уже сегодня, поэтому все мы можем причислить себя к творцам будущей космической эры.

Человечество на пороге новой эры. Посмотрим вокруг. Картина отнюдь не идиллическая. В мире слишком много противоречий: гигантские разрушительные средства и политическая раздробленность человечества на враждебные группировки государств, великие технические достижения нашего времени, высокий уровень жизни в ряде стран и отсталость, отсутствие современной промышленности, низкий, граничащий с нищетой, уровень жизни в других странах. Противоречия обладают одним свойством: они не могут сохраняться вечно и рано или поздно разрешаются. Однако разрешаются не сами собой. К их разре-

шению ведет часто тяжелый и тернистый путь, но он будет пройден.

Конечно, возникнут другие противоречия. Но это будут уже противоречия, связанные с новой жизнью, с новыми проблемами, с ограниченностью средств, находящихся в руках людей, и бесконечностью Вселенной. Человечество прошло большую дорогу от каменного века до нашего времени, времени социалистических преобразований. Но сейчас мы видим, что впереди еще более сложная и более интересная дорога в новый мир, на которой ждут нас и трудности и победы.

К. П. Феоктистов,
к-космонавт Советского Союза,
доктор технических наук

Космические корабли будущего

К. А. ГИЛЬЗИН,
кандидат технических наук

Во всей истории человечества и даже, пожалуй, в любом предвидимом будущем не найти свершения, близкого по масштабам к межзвездному космическому перелету. И все же такой перелет будет, он не может не быть по самой логике развития человеческого общества, в силу глубоких основ творческого существа человека.

Ведь только на планетах чужих солнц можно встретить представителей иной, может быть, более развитой цивилизации. И, хотя связь с такой цивилизацией на электромагнитных, гравитационных, нейтринных или каких-нибудь иных пока еще никому не известных волнах будет, вероятно, установлена намного раньше, чем организована звездная экспедиция, только экспедиция в состоянии обеспечить личный контакт, а ведь его ничем не заменишь.

Можно представить себе и такой случай, когда звездная экспедиция окажется вынужденной альтернативой гибели земной цивилизации, например в связи с катастрофическими изменениями хода термоядерных реакций на Солнце или его постепенным охлаждением. В этом случае уже не горстка энтузиастов, а тысячи и тысячи людей будут уноситься на звездолетах к месту «перебазирования» земной цивилизации, которым станет, вероятно, какая-нибудь еще не заселенная, но пригодная к жизни планета другого солнца. Правда, есть все основания считать, что подобная альтернатива может возникнуть лишь через миллиарды лет, так что задолго до того состоятся многочисленные звездные экспедиции в разные районы Галактики.

Пока же еще и первая звездная экспедиция — дело весьма далекого будущего. Настолько далекого, что некоторым кажется разговор о такой экспедиции явно преждевременным, особенно в плане инженерном. Но весь опыт развития науки свидетельствует об исключительной важности того, чтобы последовательность мыслей намного опережала последовательность действий, — в этом залог научного прогресса.

Итак, звездная экспедиция, как о ней думает инженер. Успех звездной экспедиции, как и решение любой инженерной задачи, прежде всего зависит от правильной постановки цели. Прежде всего, куда лететь? Какую звезду избрать в качестве цели?

Разумеется, эта звезда должна быть возможно ближе к нам, ибо расстояние — главное препятствие на пути звездной экспедиции. Но она не обязательно должна быть именно самой близкой звездой, расстояние до которой немногим больше 4 световых лет (напомним, что 1 световой год соответствует $9,45 \cdot 10^{12}$, или около 10 000 млрд. км). Ведь число ближайших звезд, расстояние до которых представляет величину одного

и того же порядка, не так уж мало. Внутри сферы радиусом в 100 световых лет с центром на Солнце находятся десятки тысяч звезд. Уменьшив радиус такой сферы в 10 раз, т. е. до 10 световых лет, но и тогда внутри нее будет заключено все еще 7 звезд, а при радиусе 11 световых лет — еще 5 звезд (в сфере радиусом 16 световых лет находится 53 звезды), причем это уже обнаруженные звезды, вполне возможно, что имеются и другие. Какую же звезду избрать?

Как планеты движутся вокруг Солнца в годичном обращении, так и Солнце со всеми планетами имеет свой «галактический» год в почти круговом движении вокруг центра Галактики на расстоянии около 32 000 световых лет от него. Правда, длительность такого года оказывается гораздо большей; от обширной Галактики и нельзя ждать подвижности, подобной той, которой обладает миниатюрная по сравнению с ней Солнечная система. Для Солнца один галактический год равен примерно 300 млн. обычных земных лет, хотя движется по орбите оно почти в 10 раз быстрее Земли: орбитальная скорость Солнца в этом движении равна примерно 230 км/сек.

Кажется, что при такой большой начальной скорости собственного движения звездолет обязательно должен ее использовать, что и определяет наивыгоднейшую траекторию полета, как и в случае межпланетных полетов внутри Солнечной системы. Однако в действительности орбитальные скорости Солнца и звезды — пункта назначения практически не различаются, поскольку расстояние между ними ничтожно относительно размеров всей Галактики. Поэтому, хотя, строго говоря, траектории межзвездного полета тоже представляют собой Кеплеровы орбиты (если, конечно, закон Ньютона верен и в масштабах Галактики), они практически не отличаются от прямых, так что полет к любой из соседних с Солнцем звезд можно считать прямолинейным. Вот здесь уже действительно соблюдается известное правило, что кратчайший путь прямой, тогда как в уже освоенном околосолнечном космосе это правило вовсе не действует. Как видите, и межзвездный полет имеет свои преимущества, увы, бледнеющие по сравнению с неисчислимыми трудностями...

Итак, направление безразлично (мы опускаем здесь собственную скорость Солнца относительно «неподвижных» звезд, равную примерно 20 км/сек; естественно, при точных расчетах она должна быть учтена). Что же должно определить выбор звезды?

На этот вопрос ответ можно дать сразу: конечно, возможность контакта с инопланетной цивилизацией. Ведь именно это и есть главный стимул межзвездного полета. Если бы удалось установить наличие разумной жизни на одной из планет ближайших звезд, то выбор цели был бы предпрешен.

Не исключено, что ближайшие, доступные для экспедиции звезды не будут очагами разумной жизни. Это было бы большим разочарованием, но и в этом случае можно не сомневаться — экспедиция все же состоится. Ведь простое обнаружение жизни на планете далекой звезды, пусть не разумной, но иной, не похожей (а может быть, именно похожей!) на земную, будет иметь колоссальное научное значение. Более того, даже если планетная система звезды окажется вовсе лишенной жизни, то и

тогда научное значение экспедиции будет неопределимо, ибо наука наконец-то получит данные еще об одной планетной системе кроме единственно нам известной. Это, вероятно, позволит сделать ценнейшие космогонические выводы об образовании звезд и планетных систем. Можно предположить, что и в самом худшем случае, если бы все ближайшие звезды оказались лишенными планетных систем, все же звездная экспедиция состоялась бы. Стремление человечества к познанию природы безгранично!

Разумеется, положение изменилось бы в случае новых революционизирующих научных открытий, которые сделали бы реальным полет и к более отдаленным звездам — тогда-то уж наверняка можно было бы избрать «цивилизованную» планету.

Но пока необходимо установить, как обстоит дело с ближайшими звездами. Уже сейчас есть все основания предполагать наличие планетных систем по крайней мере у двух (считают даже, что у семи) из таких звезд: в 1960 г. было установлено наличие планетоподобных спутников (или спутника) у звезды Лаланда 21185 в созвездии Большой Медведицы на расстоянии 7,9 световых лет, а в 1963 г. — у Летящей звезды Барнарда в созвездии Змееносца на расстоянии 5,9 световых лет (летящей она названа из-за своей весьма большой собственной скорости, достигающей 140 км/сек). По последним наблюдениям американского астронома Ван де Кампа вокруг звезды Барнарда обращается не менее трех планет, масса которых в 200, 300 и 400 раз превосходит массу Земли.

Как известно, наличие таких спутников установлено по ничтожно малым возмущениям в движении самой звезды, единственной причиной которых могут быть спутники. Поэтому утверждать наличие только одного спутника в этом случае нельзя; вполне возможно, что каждая такая звезда обладает развитой планетной системой вроде Солнечной.

Одной из первых научных задач, которые должны быть решены при подготовке звездной экспедиции, является поэтому попытка прямого экспериментального обнаружения планет у ближайших звезд, а еще лучше — планет обитаемых, т. е. с развитой биосферой, не говоря уже о возможности и непосредственного обнаружения разумной жизни.

Решение такой задачи возможно в условиях колоссального прогресса наблюдательной астрономии и космонавтики. Для этого необходимы сверхчувствительные астрономические приборы, расположенные на Луне или даже спутниках внешних планет, гигантские радиотелескопы, радары и лидары (лазерные локационные установки) и т. п. Потребуется, может быть, послать ряд межзвездных автоматических космических летательных аппаратов-зондов, с тем чтобы они совершили существенную часть пути к звезде, а может быть, и достигли ее, сообщая на Землю о всем увиденном. Нужно будет до отправки экспедиции узнать как можно больше о планете — цели назначения, установить ее размеры, состав атмосферы, температурные условия, наличие воды и т. п.

Теперь мы подходим к наиболее важной проблеме межзвездной экспедиции — ее энергетике. Сколько топлива нужно запасти на звездолете для осуществления экспедиции? Каким должен быть в связи с этим звездолет? Возможна ли вообще по энергетическим соображениям такая экспедиция?

Потребный запас топлива на ракете для совершения космического полета оценивается величиной так называемой характеристической скорости, учитывающей энергетические затраты на всех этапах полета. Так, например, при полете на Луну с посадкой на нее и возвратом на Землю величина характеристической скорости может достигать 20—25 км/сек, при полете на Марс — 30—35 км/сек. Каково минимальное значение характеристической скорости для полета к звезде, скажем, на расстояние 5—10 световых лет с посадкой на планету этой звезды и возвратом на Землю?

Чтобы преодолеть поле тяготения Земли и Солнца, необходимо сообщить ракете третью космическую скорость, или скорость освобождения, равную 16,7 км/сек. Такая же скорость должна быть погашена и при возврате на Землю, что составит всего 33,4 км/сек. Если предположить, что у конечного пункта траектории полета, т. е. у планеты — места назначения, придется преодолеть такое же поле тяготения, как и в начале полета (для наших иллюстративных целей это вполне приемлемо), то надо прибавить еще 33,4 км/сек. Гравитационные, аэродинамические и прочие потери, а также маневрирование, коррекции траектории и резервы потребуют еще примерно 10 км/сек. Таким образом, всего получается примерно 73 км/сек. Однако можно сильно облегчить задачу, если воспользоваться идеями К. Э. Циолковского по заправке топливом на орбите и аэродинамическому торможению при посадке; таким способом можно уменьшить характеристическую скорость примерно на 30 км/сек — тогда останется 43 км/сек. Это всего примерно в 1,5—2 раза больше, чем для лунной экспедиции.

Известная формула Циолковского ($v = 2,3 w \lg N$) показывает, что при уже достигнутой в настоящее время скорости истечения газов из ракетных двигателей w , равной примерно 4 км/сек, указанной выше характеристической скорости $v = 43$ км/сек отвечает число Циолковского N , равное примерно 100 000. Это значит, что вес конструкции ракеты и полезного груза, т. е. собственно звездолета с экипажем, составляет всего тысячную долю процента от общего стартового веса ракеты, все остальное приходится на долю топлива.

Это кажется непреодолимым барьером на пути к звездам — построить ракету с числом Циолковского в десятки и сотни тысяч невозможно.

Как же преодолеть возникший барьер?

Основной путь указывает все та же формула Циолковского. Очевидно, необходимо всемерно увеличивать скорость истечения w . Химия, как известно, уже практически бессильна помочь здесь сколько-нибудь существенно — достигнутая величина скорости истечения 4 км/сек весьма близка к предельно возможной для химических ракетных двигателей.

Обращение в этой связи к ядерной энергии является вполне естественным. Могут ли быть созданы ядерные ракетные двигатели звездолетов? Позволят ли они осуществить звездную экспедицию?

Если представить себе ракетный двигатель, в котором обычная камера сгорания заменена урановым или плутониевым ядерным реактором, причем сильно нагретое в результате цепного процесса атомного деления ядерное горючее вытекает из двигателя, создавая реактивную струю, то

в таком двигателе скорость истечения могла бы достичь 20 000 км/сек. Увеличение по сравнению с химическими ракетными двигателями в 5000 раз!

Но создать ядерный ракетный двигатель, подобный описанному, практически невозможно, причина — в колоссальных звездных температурах, неизбежных в таком двигателе: они во столько же раз больше, чем температура газов в обычном химическом ракетном двигателе, во сколько ядерная энергия больше химической. Или же надо настолько уменьшить тягу двигателя, что он становится бессмысленным.

Правда, есть способ уменьшить температуру в двигателе — для этого нужно разбавить ядерное горючее каким-нибудь другим, инертным веществом, не имеющим отношения к ядерной реакции, например водородом (это лучше всего). Тогда выделившееся в двигателе тепло будет затрачено на нагрев большей массы вещества и температура снизится. Но снизится и скорость истечения. В лучшем случае, когда ядерное горючее и разбавляющее его инертное вещество находятся в активной зоне реактора в газообразном виде (при этом устраняются ограничения температуры, связанные с обычной твердой активной зоной, например урано-графитовой, как в существующих стационарных и транспортных реакторах), скорость истечения может достичь 30—300 км/сек. Правда, такие газовые реакторы еще не созданы и создать их не просто.

Еще больше потенциальные возможности применения термоядерных ракетных двигателей, основанных на использовании реакции термоядерного синтеза, но и эти двигатели еще не существуют и не решена еще сама проблема управляемой термоядерной реакции.

В зарубежных экспериментальных ядерных ракетных двигателях применяется схема реактора с твердой активной зоной с максимальной рабочей температурой 2500—2700°C. При работе с водородом в качестве рабочего тела скорость истечения в таких двигателях достигает 8—10 км/сек. Даже и это увеличение в 2—2,5 раза по сравнению с обычными химическими двигателями приводит к уменьшению числа Циолковского с сотен тысяч всего до сотен. Создание подобных космических ракет уже под силу даже современной ракетной технике. Значит, под силу и звездная экспедиция?

Нет, к сожалению. Ведь величина характеристической скорости, приведенная выше, была определена нами как минимально необходимая для совершения межзвездного полета. В частности, при ее подсчете принималась во внимание и минимальная скорость, которую звездолет должен приобрести при старте с Земли, именно скорость освобождения 16,7 км/сек. Эта скорость действительно достаточна для того, чтобы преодолеть поле солнечного тяготения и улететь на любую звезду, но такой межзвездный полет будет совершаться с ничтожно малой скоростью, поскольку вся кинетическая энергия, сообщенная звездолету его двигателями при разгоне, будет израсходована на преодоление силы солнечного тяготения.

Но если даже принять, что скорость звездолета за пределами Солнечной системы, т. е. на основном участке пути, будет равна нескольким километрам в секунду (для этого взлетную скорость придется соответст-

венно увеличить, а при этом возрастет, естественно, и характеристическая скорость), то и тогда корабль будет находиться в пути до ближайших звезд примерно в сто тысяч раз дольше, чем луч света, проходящий этот же путь. Полет только в одну сторону будет длиться сотни тысяч лет! И обратно столько же.

Мы встретились с другим аспектом энергетики звездной экспедиции — необходимостью радикального уменьшения длительности полета и вследствие этого соответственного увеличения затрат энергии на совершение полета.

Конечно, можно представить себе звездную экспедицию, длящуюся сотни или даже тысячи лет, так что обратно на Землю возвращаются лишь отдаленные потомки космонавтов, знающие Землю лишь по легендам, передававшимся из поколения в поколение, да еще по безнадежно устаревшим книжкам и кинофильмам. Но неужели эта перспектива является единственной?

Если принять в качестве максимально допустимой длительность звездной экспедиции, соответствующую активной жизни одного поколения, с тем чтобы на Землю возвратились стартовавшие с нее космонавты, то экспедиция должна продолжаться не более 30—40 лет. Это значит, что скорость звездолета должна составлять 0,2—0,3 от скорости света, т. е. 60—90 тыс. км/сек. Очевидно, при этом характеристическая скорость должна быть огромной — 150—200 тыс. км/сек.

Таким образом, только будущие термоядерные ракетные двигатели, когда они будут созданы, смогут сделать реальными перспективы звездной экспедиции. Предполагается, что в таких двигателях сможет быть достигнута скорость истечения порядка 0,1 от скорости света, т. е. равная 30 тыс. км/сек. Пока нельзя сказать, когда именно это произойдет. Если принять скорость полета звездолета, равной 0,3 скорости света (разгон до такой скорости при взлете и торможение при посадке могут быть также легко учтены), то, как показывают ориентировочные расчеты, число Циолковского для звездолета должно составить несколько сотен. Это принципиально осуществимо, хотя и представляет собой невиданную по трудности инженерную задачу. Так, если принять вес пустого звездолета (включая полезный груз в виде космического корабля с экипажем), равным сотням тонн, то запас топлива на борту взлетающего звездолета достигает сотен тысяч тонн.

Наиболее логичный путь уменьшения этого запаса заключается в дальнейшем увеличении скорости истечения газов из двигателей звездолета. Современная наука знает по крайней мере один реальный способ такого увеличения — применение так называемых электроракетных двигателей. В этих двигателях разгон рабочего тела, создающего тягу реактивной струи, производится не потому, что внутри двигателя создается повышенное давление, как в обычных химических или ядерных ракетных двигателях. Здесь действуют могучие природные силы — электромагнитные.

Из известных и уже давно исследуемых типов электроракетных двигателей два кажутся вполне пригодными для целей звездной экспедиции — электростатический (ионный) и электромагнитный (магнитогидро-

динамический, плазменный). В первом случае рабочее тело предварительно ионизируется, а затем ускоряется в электростатическом поле; во втором — ускорение образующейся в двигателе плазмы осуществляется воздействием электромагнитного поля. В двигателях обоих типов скорость истечения может быть весьма высокой — до 0,5 от скорости света и даже более. Принципиально такими же методами в экспериментальных установках элементарные частицы разгоняются до околосветовых скоростей.

Электроракетные двигатели требуют наличия на борту звездолета мощнейших электростанций для питания двигателей электроэнергией. Очевидно, такие станции могут быть только ядерными. Это и является главным недостатком электроракетных звездолетов — размеры и вес бортовой электростанции оказываются чрезмерно большими; ведь ее потребная мощность может оказаться во много раз большей, чем крупнейших гидроэлектростанций. А стремление уменьшить эту мощность приводит к резкому снижению тяги двигателей, вплоть до нескольких граммов вместо тысячетонной тяги обычных двигателей.

И при уменьшенной тяге, правда, звездная экспедиция все же оказывается возможной, как ни странно выглядит это утверждение с учетом колоссального взлетного веса звездолета. Ведь звездолет заведомо должен стартовать уже из Космоса с какой-либо стартовой орбиты, куда он будет предварительно выведен мощными обычными ракетами или где будет осуществлена его сборка. А при старте с орбиты, когда звездолет уже обладает первой космической скоростью, любая, даже самая малая сила тяги увеличивает его скорость. Конечно, если эта сила мала, как в случае электроракетных двигателей, то и ускорение корабля получается очень малым, так что для разгона до огромной субсветовой скорости звездолет должен разгоняться длительное время. Однако общее время полета в этом случае так велико, что хватит его и для разгона, и для торможения в конце полета. А может быть, и вообще двигатели звездолета не будут в этом случае выключаться вовсе; только сначала они должны разогнать корабль, а затем его затормозить. Кстати сказать, непрерывная работа двигателей решает и еще одну важную задачу, связанную с вредным действием длительной невесомости на экипаж звездолета.

Конечно, это вовсе не похоже на работу современных ракетных двигателей, включаемых лишь на считанные минуты, но потенциально электроракетные двигатели способны на очень длительную работу, они уже испытывались в лаборатории при непрерывной работе в течение многих дней. Правда, дней, а не десятилетий, да и двигатели эти вовсе не похожи пока на нужные для звездолета, но ведь и звездную экспедицию пока еще никто не готовит...

Есть у электроракетных двигателей и другой крупнейший недостаток — они нуждаются в бортовой электростанции, а отвод отбросного тепла, неизбежного для такой станции, может быть осуществлен только в окружающее космическое пространство. Так как мощность электростанции звездолета очень велика, то велико и количество отбросного тепла, которое радиатор звездолета должен излучить в Космос. Поэтому такой

радиатор получается огромным по размерам, он должен иметь излучающие пластины величиной в сотни квадратных метров.

С созданием радиатора связаны большие конструктивные и эксплуатационные трудности. Его вес оказывается тоже значительным. Вес бортовой электростанции с радиатором, а также потребный вес ядерного горючего является ахиллесовой пятой звездолета с электроракетными двигателями. И все же создание такого звездолета — одно из возможных инженерных решений проблемы звездной экспедиции.

Этим по существу и ограничиваются реальные возможности решения проблемы энергетики звездной экспедиции с позиций науки и техники XX в. Но такая экспедиция и не будет осуществлена в нашем веке.

Нет ли каких-либо иных, более радикальных решений этой проблемы, которые хотя бы теоретически просматривались наукой сегодняшнего дня с учетом возможных научных достижений будущих столетий?

Прежде всего, каковы предельные возможности увеличения скорости истечения из двигателей звездолета?

Известно, что предельно возможной скоростью является скорость света. Очевидно, что именно такой и должна быть скорость истечения из идеального двигателя звездолета. Но со скоростью света распространяется в природе только сам свет, с такой скоростью движутся кванты света, фотоны в абсолютном вакууме. Следовательно, «идеальным» двигателем и должен быть световой, квантовый, или фотонный, как его называют.

Обычно звездолет и изображают в виде такой квантовой, или фотонной, ракеты. «Рабочим телом» в ней служат не частицы вещества, а фотоны; реактивная струя превращается в луч света, а сама ракета в своеобразный сверхмощный прожектор. Такая ракета может разогнаться в космосе до сколь угодно больших субсветовых скоростей, но даже в принципе науке пока неясно, как можно ее создать. На этом пути много уникальных трудностей, но самая главная заключается в абсолютной необходимости идеального, т. е. без каких-либо потерь, образования сверхмощного реактивного луча, тогда как пока науке удастся генерировать достаточно мощные световые лучи лишь с малым к. п. д. Так это происходит, например, и в случае лазера, который в других отношениях, в частности в смысле достижения большой мощности и обеспечения высокой направленности луча, т. е. отсутствия рассеяния света, является как бы специально рожденным для квантового звездолета.

Требование к.п.д., равного единице или по крайней мере очень близко к ней, является, пожалуй, наиболее важным для двигательной установки звездолета любого типа. Это требование легко понять, если вспомнить масштабы затрат энергии на совершение межзвездного полета. Чтобы свести к минимуму потребные запасы рабочего тела на борту звездолета, его потенциальная энергия должна использоваться полностью. Однако известно, что для этого необходимо полное преобразование вещества в излучение по уравнению Эйнштейна $E = m \cdot c^2$, т. е. аннигиляция вещества. Выходит, что принципиально такое полное использование всех энергетических возможностей вещества возможно только в фотонной ракете. Именно в этом ее теоретическое значение как идеального звездолета.

К сожалению, хотя процесс аннигиляции в физике известен не только

георетически, но и экспериментально, пути использования такого процесса в энергетике, в частности в фотонной ракете, пока неясны даже в принципе. Нельзя утверждать, что это вообще когда-либо удастся. Поэтому создание аннигиляционного фотонного двигателя — пока лишь «глубая мечта» космонавтики.

В поисках решения энергетических проблем звездной экспедиции ученые задумываются и над возможностью использования энергетических ресурсов межзвездной среды. Принцип этот хорошо известен энергетике. На нем основана работа паровых машин, двигателей внутреннего сгорания и воздушно-реактивных двигателей. Правда, во всех этих тепловых двигателях используется потенциальная химическая энергия среды (именно, атмосферного кислорода), тогда как в случае звездолета имеется в виду использование полной потенциальной энергии межзвездного вещества в аннигиляционных ракетных двигателях. Но по своей сути оба процесса схожи.

Если отвлечься от того, что аннигиляционный двигатель еще не создан и пока неизвестно, возможно ли его создание вообще, то с реализацией идеи создания своеобразного «прямоточного аннигиляционного» двигателя других проблем такого же ранга не связано. Но эффективность его применения на звездолете определяется тем, какова плотность межзвездного вещества, сколько такого вещества может поглотить и израсходовать каждую секунду двигатель.

По различным оценкам плотность межзвездного вещества в среднем равна примерно одной частице в 1 см^3 пространства, причем имеются в виду как отдельные атомы и молекулы вещества, в основном водорода (примерно 99% общего количества), так и пылевые частицы (возможно, частицы льда и графита).

Легко видеть, что при скорости полета межзвездного корабля, равной $0,3 \text{ с}$ (принятой нами выше), через каждый 1 см^2 лобовой площади своеобразного «воздухозаборника» звездолета, т. е. устройства, поглощающего встречные частицы вещества для их последующего использования в аннигиляционном двигателе, проходит каждую секунду $9 \cdot 10^9$ частиц вещества. Несмотря на довольно большую абсолютную величину, она не так уж велика, если вспомнить, что при нормальных атмосферных условиях в 1 см^3 окружающего нас воздуха находится $2,7 \cdot 10^{19}$ частиц — молекул газа. Чтобы в двигатель звездолета поступило за 1 сек. такое же количество частиц, площадь приемника частиц — космического «воздухозаборника» должна составлять, очевидно, $\frac{2,7 \cdot 10^{19}}{9 \cdot 10^9}$, или примерно $3 \cdot 10^9 \text{ см}^2$ (т. е. треть квадратного километра!).

Как видно, поверхности приемника должны быть очень большими. Однако не в этом, конечно, суть проблемы — можно построить и такой приемник. Но как он должен быть устроен? Этого пока никто не знает...

Кстати, если говорить о поисках рабочего тела для двигателей звездолета в космосе, то нельзя не упомянуть и о предположениях использовать для этой цели не микрочастицы межзвездной среды, а крупные небесные тела, например астероиды.

Можно подобрать подходящий астероид достаточно крупных размеров,

пришвартовать его к звездолету и использовать вещество астероида в качестве рабочего тела аннигиляционного двигателя.

Можно упомянуть и о некоторых радикально новых идеях в этой области, связанных с последними достижениями физики. Эти идеи заключаются в попытке подвести потребную энергию к летящему звездолету извне, используя новые принципиальные возможности передачи энергии на расстояние. В одном случае для этого предлагается использовать луч лазера, в другом — поток сверхвысокочастотной энергии.

Некоторые последние научные данные позволяют считать, что для очень мощных концентрированных пучков энергии можно добиться практически полного отсутствия их рассеяния при распространении в Космосе. Это позволяет в принципе осуществить передачу значительных количеств энергии летящему звездолету на очень большие расстояния с вспомогательных космических энергостанций или же с помощью специальных энергорелейных линий. В качестве варианта такого дистанционного энергопитания можно упомянуть и о возможном использовании «парусного эффекта», когда взамен обычного реактивного принципа разгона звездолета (становящегося, вообще говоря, невыгодным энергетически при высоких субсветовых скоростях движения) на нем устанавливается большая парусная поверхность, воспринимающая активное давление пучка излучения. Гонимый таким «лазерным ветром», звездолет может достичь очень больших скоростей движения.

Разумеется все подобные проекты еще не имеют под собой серьезного инженерного обоснования.

Чем дальше от нас расположена в Галактике звезда, к которой держит путь звездолет, тем все более трудными становятся проблемы энергетики звездной экспедиции, если иметь в виду, конечно, приемлемую ее общую длительность. Сверхдальние полеты на расстояние в сотни и тысячи световых лет сопряжены с длительностью экспедиции во многие тысячелетия. Инженерные проблемы такой экспедиции просто необходимы, не говоря уже о психологических, биологических и прочих.

Однако наука знает одну принципиальную возможность совершения самых дальних звездных экспедиций за любое практически мыслимое, сколь угодно малое время, не больше, например, чем 2—3 года, которые необходимы при современном уровне развития космонавтики для полета на ближайшие к Земле планеты Солнечной системы — Венеру и Марс. Эта возможность является совершенно бесспорной теоретически, поскольку базируется на специальной теории относительности Эйнштейна.

Согласно этой теории, течение времени на летящем с околосветовой скоростью звездолете замедляется тем сильнее, чем ближе эта скорость к скорости света. Поэтому собственное время космонавтов, отсчитываемое по часам корабля или по любым другим физическим, химическим или биологическим процессам на корабле, не совпадает с земным временем. К моменту возвращения звездолета на Землю разница в показаниях часов сохранится — экипаж звездолета окажется более молодым, чем если бы он оставался на Земле. Близнецы, если один из них улетал на звезду, будут уже иметь неодинаковый возраст, причем разница в возрасте может оказаться очень большой. Так, например, если скорость

звездолета составляет 87% от скорости света, то часы на нем идут вдвое медленнее, чем на Земле, а при скорости полета, отличающейся от скорости света всего на 2 см/сек, время на Земле будет идти быстрее, чем на звездолете, в 86 400 раз. Секунда на корабле будет соответствовать суткам на Земле.

Так называемый парадокс близнецов позволяет в принципе совершать в течение жизни одного поколения космонавтов сколь угодно дальние экспедиции, даже к самым отдаленным из известных квазаров, на расстояние порядка 10 млрд. световых лет. Для этого нужна лишь скорость. В принципе можно разогнать звездолет и до любой скорости, сколь угодно близкой к скорости света. Для этого нужна лишь энергия. Но вот ее-то и не в состоянии обеспечить космонавтика, и не только сейчас, но и в любом предвидимом будущем. Это делает подобную релятивистскую звездную экспедицию лишь увлекательной мечтой...

Но «замедлить» течение времени для космонавтов в принципе можно иным путем, не усложняя и так грандиозных энергетических проблем звездной экспедиции, более того — облегчив их. Это путь биологический.

Действительно, если не удастся использовать эффект релятивистского замедления времени на звездолете и, значит, соответственного замедления всех биологических процессов в организмах космонавтов по сравнению с такими же процессами у людей на Земле, то нельзя ли как-нибудь иначе воздействовать на эти процессы, добиваясь их резкого торможения?

Науке известны природные примеры такого рода торможения, в частности связанные с зимней спячкой различных животных и другими подобными приспособительными явлениями — так называемый анабиоз. При некоторых неблагоприятных условиях существования, например воздействии пониженных температур окружающего воздуха, у ряда животных интенсивность жизненных процессов резко снижается. Затем, когда снова наступают благоприятные условия, восстанавливается и нормальная интенсивность жизнедеятельности. Анабиоз может быть воспроизведен и

■ ПРОЕКТ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ АТМОСФЕРЫ НА ВЕНЕРЕ

Астрофизик доктор Карл Саган предложил проект преобразования атмосферы на Венере для того, чтобы сделать эту планету пригодной для жизни человека. Он предлагает рассеять в верхних слоях атмосферы Венеры водоросли, достаточно выносливые и продуктивные, которые поглощали бы углекислый газ и высвобождали бы свободный кислород.

Саган отмечает, что поверхность Венеры, видимо, представляет собой чрезвычайно жаркую, сухую и спокойную пустыню под постоянно закрытым облаками не-

бом. Условия на Венере не годятся для жизни, и маловероятно, чтобы там когда-либо могла зародиться жизнь. В ее атмосфере содержится значительное количество углекислого газа с некоторым количеством водяного пара, но существенных количеств свободного кислорода не имеется. Возможно, однако, что микроорганизмы, например водоросли, могут существовать и размножаться в верхних слоях атмосферы Венеры. Не встречая конкуренции в этом безжизненном воздухе, рассеянные там с Земли водоросли могли бы расти, размножаться и вырабатывать кислород с почти катастрофической быстротой. Можно предполагать,

искусственно. Первому это удалось сделать русскому биологу П. И. Бахметьеву (он экспериментировал с летучими мышами).

Нельзя ли подвергнуть искусственному анабиозу экипаж звездолета? С использованием анабиоза «биологическое» время на борту звездолета для участников звездной экспедиции сильно замедлилось бы, в идеальном случае — вовсе остановилось. Это открыло бы в принципе возможность совершения дальних звездных экспедиций в течение жизни одного поколения космонавтов. Одновременно была бы существенно облегчена и задача жизнеобеспечения экипажа звездолета в полете.

Но пока нет ни должных теоретических разработок этой проблемы, ни экспериментальных исследований. И тем не менее с анабиозом могут оказаться связанными исключительно большие перспективы космонавтики. Не исключено, что именно здесь — ключ к звездной экспедиции. Впрочем, решение этой научной проблемы имело бы исключительно далеко идущие последствия не для одной только космонавтики, но и для биологии, медицины.

Поскольку речь зашла о биологии, следует сказать об общих медико-биологических проблемах звездной экспедиции, может быть не менее существенных, чем проблема энергетики, хотя и не столь очевидных. Главное в этих проблемах, отличающее их от аналогичных проблем современной космонавтики, связано с необычно большой длительностью полета, что полностью снимает всякую возможность создания необходимых запасов — пищи, воды, кислорода — на борту корабля, подобно тому как это делается в настоящее время.

Единственное приемлемое решение заключается в создании на борту звездолета замкнутой экологической системы, имитирующей естественный круговорот веществ на Земле либо в ряде отношений модифицирующей его. Такая система должна представлять собой сложный биотехнический комплекс, включающий в себя как биологические звенья — растения и животных (низших и высших), так и сложные технические уст-

что при помощи подобного процесса вся атмосфера Венеры могла бы быть преобразована в течение нескольких лет.

Водоросли использовали бы углекислый газ и водяные пары и высвобождали свободный кислород. В ходе этого процесса был бы уменьшен «тепличный эффект» (улавливание углекислым газом и водяными парами солнечного тепла и предотвращение его излучения в пространство) и температура снизилась бы.

Поскольку на Венере количество углекислого газа оказалось бы значительно большим, чем количество водяных паров, прямая выработка кислорода водорослями в результате одного фотосинтеза оказалась

бы недостаточной для значительного уменьшения запаса углекислого газа. Саган полагает, что эта проблема разрешилась бы самостоятельно. Часть водорослей непрерывно опускалась бы до более низких высот, где вследствие нагрева они бы высыхали и высвобождали таким образом содержащуюся в них воду. Водоросли, находящиеся на больших высотах, снова использовали бы эти водяные пары для продолжения процесса конверсии.

Саган подчеркнул, что он не высказался бы за проведение такого опыта, если бы на Венере было установлено наличие собственной жизни.

ройства, осуществляющие многие важнейшие рабочие процессы, обеспечивающие длительное функционирование всей системы, регулирующие и поддерживающие оптимальный режим ее работы. Подобная система призвана полностью обеспечить условия жизнедеятельности экипажа звездолета — оптимальный состав и параметры атмосферы, снабжение разнообразной пищей и водой, используя для этой цели отходы жизнедеятельности экипажа и биологических звеньев самой же системы и не допуская накопления каких-либо веществ-отходов, т. е. создания так называемых тупиков, из которых нет возврата веществ в систему.

Система жизнеобеспечения звездолета должна надежно и безотказно работать в течение десятилетий, причем избыточность элементов системы должна быть сведена к минимуму. Это ставит совершенно необычные задачи в отношении надежности и оптимизации системы «человек — машина», что относится, разумеется, и ко всем другим системам и устройствам звездолета,— может быть, с решением именно этой задачи будут связаны главные трудности для инженеров, создающих звездолет.

Интересно отметить, что даже в будущем, когда достижения науки позволят с успехом заменять естественные продукты питания искусственными, как и многие чисто биологические процессы — более эффективными физико-химическими, все же роль биологических элементов системы жизнеобеспечения звездолета будет всегда очень большой хотя бы в связи с необходимостью создания на борту звездолета привычной окружающей обстановки для космонавтов.

Нет сомнений, что организация звездной экспедиции потребует глобальной мобилизации всех сил и ресурсов человеческого общества. Она окажется под силу лишь будущему, невиданно окрепшему, счастливому коммунистическому человечеству.

Возможны ли межзвездные перелеты?

Б. К. ФЕДЮШИН,
кандидат физико-математических наук

Проблема межзвездных перелетов, которая еще недавно была достоянием лишь писателей-фантастов, становится интереснейшей научной проблемой. Ближайшие звезды находятся от Солнца на расстояниях, измеряемых минимум несколькими световыми годами, а некоторые из этих звезд (например, звезда Барнарда, Эпсилон Эрида и Тау Кита) окружены, по-видимому, планетами. Поэтому звездолет, на котором находится научная экспедиция, снаряженная для исследования одной из ближайших к Солнцу планетных систем, должен иметь скорость, близкую к скорости света в вакууме, чтобы успеть вернуться обратно на Землю за время жизни одного поколения. Медленные межзвездные перелеты, скорости которых значительно меньше скорости света в вакууме, очень длительны и требуют или нескольких поколений астронавтов, или погружения астронавтов в анабиоз, но с точки зрения современной науки гораздо более реальны в будущем, чем быстрые межзвездные перелеты.

Условимся считать межзвездный перелет медленным, если максимальная скорость звездолета не превышает $0,2c$, где c — скорость света в вакууме. Если же максимальная скорость звездолета превосходит $0,2c$, то межзвездный перелет считается быстрым. Такое деление межзвездных перелетов является, конечно, условным, но оно удобно при расчетах.

Движение микрочастиц с субсветовыми скоростями описывается, как известно, релятивистской механикой Эйнштейна в полном согласии с опытом. Современная физика имеет некоторые теоретические и даже экспериментальные основания считать, что и макроскопические тела могут двигаться с субсветовыми скоростями, а их движение в этом случае тоже будет описываться релятивистской механикой. Поэтому движение любого звездолета должно подчиняться законам релятивистской механики тела с переменной массой покоя, которая является обобщением классической механики тела переменной массы, созданной выдающимися русскими учеными И. В. Мещерским и К. Э. Циолковским.

Заметим, что в случае быстрого межзвездного перелета движение самого звездолета и его реактивной струи подчиняется релятивистским законам. Если же межзвездный перелет является медленным, то возможны два случая. В первом случае движение самого звездолета и его реактивной струи может быть описано классической механикой, а во втором случае движение самого звездолета описывается классической механикой, но движение его реактивной струи — релятивистской механикой. Если межзвездный перелет относится к категории очень медленных, то соответствующий звездолет превращается в планетолет для скоростных перелетов внутри Солнечной системы.

Сейчас в научной литературе теоретически рассматриваются три типа звездолетов. Первый тип, предложенный в 1946 г. И. Аккерстом, можно назвать релятивистской ракетой. Релятивистская ракета может быть термоядерной (ТРР) и ионной (ИРР). Внутри термоядерной релятивистской ракеты имеются большие запасы водорода и термоядерный реактор, в котором водород превращается в гелий. Высокотемпературная гелиевая плазма, вытекающая через сопла термоядерного реактивного двигателя, создает тягу. Внутри ионной релятивистской ракеты находятся большие запасы легко ионизируемого металла (например, цезия) и источник энергии (например, термоядерный или аннигиляционный реактор), который необходим для ионизации атомов металла и для питания ускорителей тяжелых ионов. Поток ионов, выходящий из сопел ионного реактивного двигателя, создает тягу. Из сказанного следует, что релятивистские ракеты должны иметь огромные размеры и стартовую массу.

Второй тип звездолета, разработанный теоретически Е. Зенгером в 1956 г., называется обычно фотонной ракетой (ФР). Внутри фотонной ракеты имеются большие запасы вещества (например, водорода) и антивещества (например, антиводорода), а также специальный аннигиляционный реактор, в котором есть сильное магнитное поле. Наличие магнитного поля приводит к тому, что возникающее при аннигиляции вещества и антивещества гамма-излучение носит направленный характер. Поток гамма-фотонов, вытекающий через сопла фотонного реактивного двигателя, создает тягу. Главным достоинством фотонной ракеты является максимальная возможная скорость истечения, равная скорости света в вакууме. Однако многочисленные трудности принципиального характера, связанные с получением и длительным хранением огромных количеств антивещества, а также созданием гаммафотонной тяги, приводят к выводу, что сооружение фотонных ракет неизмеримо сложнее, чем релятивистских.

В настоящее время на основании релятивистской механики тела с переменной массой покоя можно построить общую теорию ракет с однокомпонентной и даже многокомпонентной реактивной струей. Расчеты показывают, что для термоядерной релятивистской и фотонной ракет с однокомпонентной реактивной струей имеет место равенство:

$$\sqrt{1 - \frac{w^2}{c^2}} = 1 - \alpha, \quad (1)$$

где α — отношение энергии, выделяющейся при сгорании топлива, к энергии покоя топлива, а w — скорость истечения относительно ракеты, считаемая постоянной. Для термоядерной реакции превращения водорода в гелий $\alpha = 0,0066$, так что $w/c = 0,115$. При реакции аннигиляции вещества и антивещества $\alpha = 1$, так что согласно формуле (1) $w = c$. Расчеты также показывают, что для одного из принципиально возможных вариантов ионной релятивистской ракеты справедливо соотношение:

$$\sqrt{1 - \frac{w^2}{c^2}} = \frac{1 - \beta}{1 - \beta(1 - \alpha)}, \quad (2)$$

где β — доля стартовой массы, приходящаяся на источник энергии.

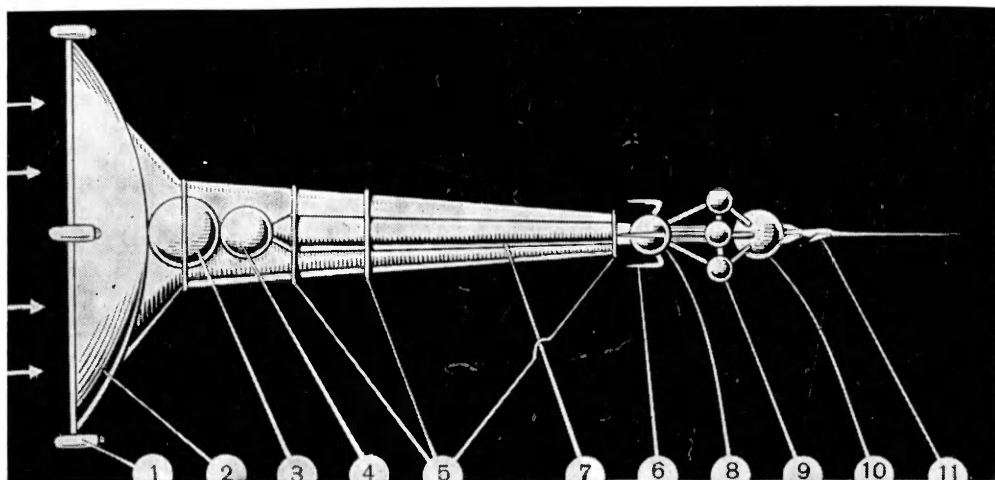


Схема фотонного звездолета

1 — управляющие двигатели, 2 — отражающее зеркало, 3 — резервуары с антивеществом, 4 — резервуары с веществом, 5 — защитные экраны, 6 — излучатели, 7 — основной отсек, 8 — жилые помещения космонавтов, 9 — шаровые обсерватории, 10 — центральный пост управления, 11 — космический ракетоплан

Можно сказать, что β не превышает 0,5. Если источником энергии служит термоядерный реактор, то w/c мало и составляет 0,12 при $\beta = 0,5$. Для случая аннигиляционного реактора $w/c = 0,87$ при $\beta = 0,5$. Таким образом, применение на ионной релятивистской ракете в качестве источника энергии аннигиляционного реактора позволяет достичь огромных скоростей истечения. Это обстоятельство указывает еще раз на важность управляемой реакции аннигиляции для проблемы межзвездных перелетов.

Рассмотрим для примера многоступенчатую релятивистскую или фотонную ракету, предназначенную для прямого и обратного межзвездного перелета. Первая ступень разгоняет звездолет до максимальной скорости v , а вторая тормозит его до нуля вблизи выбранной для исследования планетной системы. Третья и четвертая ступени служат соответственно для разгона звездолета на обратном пути до той же максимальной скорости и для торможения до нуля около Земли. На Землю возвращается только жилая часть звездолета. Предположим сначала, что все четыре ступени состоят только из топлива, а масса покоя жилой части не изменяется за время межзвездного перелета. Релятивистская механика тела с переменной массой покоя позволяет определить стартовую массу такого звездолета. Заметим, что можно произвести и более реальные расчеты, учитывающие массы конструкции ступеней. Кроме того, можно рассмотреть и одноступенчатую релятивистскую или фотонную ракету с жилой частью как для случая ступени из топлива, так и с учетом массы конструкции ступени.

Расчеты показывают, что

$$M = mv^{-4} = m \left[\frac{1 - \frac{v}{c}}{1 + \frac{v}{c}} \right]^{-\frac{2c}{w}} \quad (3)$$

где m — масса покоя жилой части и M — стартовая масса звездолета. Для релятивистской ракеты $w < c$, а для фотонной $w = c$, так что она является предельным случаем релятивистской.

В таблице приведены стартовые массы многоступенчатой релятивистской ракеты в тоннах в зависимости от скоростей w и v , вычисленные по формуле (3). Масса покоя жилой части принимается равной 1000 т, что совсем не так много для межзвездного перелета. Заметим, что формула (3) годится для упомянутого варианта ионной релятивистской ракеты только тогда, когда источником энергии служит аннигиляционный реактор. В последней строке приведены стартовые массы многоступенчатой фотонной ракеты, определенные по формуле (3) при $w = c$.

Звездолет	$\frac{w}{c} \backslash \frac{v}{c}$	0,1	0,5	0,9
Термоядерная релятивистская ракета	0,1	$5,5 \cdot 10^4$	$3,5 \cdot 10^{12}$	$3,8 \cdot 10^{28}$
Ионная релятивистская ракета	0,5	$2,2 \cdot 10^3$	$8,1 \cdot 10^4$	$1,3 \cdot 10^8$
	0,9	$1,6 \cdot 10^3$	$1,1 \cdot 10^4$	$7,0 \cdot 10^5$
Фотонная ракета	1,0	$1,5 \cdot 10^3$	$9,1 \cdot 10^3$	$3,6 \cdot 10^5$

Анализ данных, приведенных в таблице, показывает, что термоядерные релятивистские ракеты пригодны только для медленных межзвездных перелетов, так как их стартовая масса очень быстро увеличивается с ростом v/c (при $v/c = 0,9$ стартовая масса в 6 млн. раз больше массы Земли). Наоборот, ионные релятивистские и фотонные ракеты пригодны как для медленных, так и для быстрых межзвездных перелетов, причем фотонные ракеты особенно привлекательны вследствие того, что их стартовая масса имеет минимальное значение при заданном v/c . Однако из данных таблицы следует, что для фотонных ракет требуются огромные количества антивещества. Поэтому сооружение в будущем релятивистских ракет представляется с точки зрения современной науки гораздо более вероятным, чем фотонных.

Расчеты показывают, что с учетом масс конструкции стартовые массы сильно возрастают по сравнению со своими минимальными значениями, приведенными в таблице. Так, например, при $v/c = 0,9$, массе покоя жилой части 1000 т и при условии, что масса конструкции каждой ступени равна 0,2 от ее стартовой массы, стартовая масса всей многоступенчатой фотонной ракеты составляет около 500 млн. т, т. е. возрастает более чем в 1000 раз по сравнению со своим минимальным значением. Интересно, что для многоступенчатых ракет $\delta < v$, где δ —

постоянное для всех ступеней отношение массы конструкции к стартовой массе ступени. Для одноступенчатых ракет $\delta < v^4$, так что одноступенчатая ракета, предназначенная для прямого и обратного межзвездного перелета, должна иметь относительно более легкие конструкции, чем многоступенчатая.

Наконец, третий тип звездолета, предложенный Р. Бюссаром в 1960 г., называется обычно межзвездным самолетом по аналогии с самолетом, на котором установлен прямоточный реактивный двигатель. На таком звездолете имеется колоссальных размеров экран, собирающий межзвездный водород и направляющий его в термоядерный реактор, где водород превращается в гелий. Тяга создается таким же образом, как и в случае термоядерной релятивистской ракеты. Поскольку концентрация межзвездного водорода составляет в среднем около одного атома в кубическом сантиметре, то экран межзвездного самолета должен иметь исполинские размеры, так что межзвездный самолет будет наверняка еще более громоздким, чем релятивистская ракета. Большим достоинством межзвездного самолета является отсутствие антивещества.

В настоящее время единственной межзвездной средой, пригодной в качестве топлива для звездолетов, является межзвездный водород. Расчеты Р. Бюссара показывают, что для межзвездного самолета

$$a = 1,5 \cdot 10^{-3} \alpha \frac{nS}{m}, \quad (4)$$

где a — собственное ускорение, $\alpha = 0,0066$, n — концентрация атомов межзвездного водорода, m — масса покоя межзвездного самолета, которая считается постоянной, и S — площадь экрана. Формула (4) справедлива в системе СГС. Полагая собственное ускорение равным ускорению силы тяжести на Земле, $n = 1$ атому в кубическом сантиметре и $m = 1000$ т, находим, что круглый экран для собирания межзвездного водорода должен иметь радиус около 1800 км. Чудовищные размеры экрана исключают, по нашему мнению, его сооружение даже в отдаленном будущем. Единственный теоретический выход состоит в замене вещественного экрана полевым, т. е. в создании вокруг межзвездного самолета мощных электромагнитных полей, которые будут собирать межзвездный водород и направлять его в термоядерный реактор. Однако и полевой экран таких размеров представляется нам невероятным.

Таким образом, с точки зрения современной науки для осуществления в будущем межзвездных перелетов наиболее пригодны релятивистские ракеты, а не фотонные ракеты и тем более не межзвездные самолеты. Медленные межзвездные перелеты гораздо более вероятны, чем быстрые. Сейчас надо продолжать разработку теории релятивистских и фотонных ракет, а также теории межзвездного самолета, так как это сулит много интересного. Одновременно надо искать новые пути осуществления межзвездных перелетов. По нашему глубокому убеждению, отыскание таких путей должно быть связано с изучением микроструктуры пространства и времени.

Будущее покажет, возможны ли межзвездные перелеты. Во всяком случае, в настоящее время их нельзя считать принципиально невозможными.

Архитектура в Космосе

Г. И. ПОКРОВСКИЙ,
доктор технических наук

Космос для ближайших будущих поколений человечества таит в себе две задачи — освоение самого космического пространства и освоение пути через космическое пространство к различным небесным телам. Со второй задачей связана и третья — освоение различных небесных тел.

Если рассмотреть принципиальную новизну этих задач, то на первом месте следует поставить первую из них. Ее решение должно позволить в будущем расселиться живой и мыслящей материи непосредственно в безграничных просторах межпланетного, а потом и межзвездного вакуума.

Освоение этого вакуума несомненно приведет к его заполнению какими-то материальными структурами или, выражаясь более привычным языком, к созданию в космическом пространстве многообразнейшей по формам и грандиознейшей по размерам космической архитектуры. Можно полагать, что Космос в отдаленном будущем представит собой не стихийно сформировавшиеся скопления звезд, газов и других космических масс, а тончайшим образом организованную материю, управляемую силой творческого Разума, порожденного этой материей.

Современному человеку трудно заглядывать в столь далекое будущее. Но путь к нему уже сейчас выявился настолько ясно, что нетрудно представить себе первые шаги по этому пути. Эти шаги должны привести к появлению в космических окрестностях Земли и Солнца совершенно определенных космических сооружений.

Чтобы выяснить форму и характер таких объектов, нужно прежде всего установить, какой материал будет использован для них и какие силовые поля будут на них действовать. Это справедливо в равной мере и для привычной нам земной архитектуры и для неведомой пока архитектуры космической. Несомненно, что существенную роль в Космосе, так же как и на Земле, будет играть вещество, т. е. материя, построенная из атомов и молекул. В первую очередь здесь следует назвать синтетические материалы и металлы, созданные в земных условиях и доставленные с Земли в Космос при помощи ракет. По мере освоения человеком Космоса к этим материалам добавятся материалы, произведенные непосредственно в космическом пространстве. Сырьем для этих материалов в первую очередь послужат метеорные тела и астероиды. Энергия, необходимая для переработки этого сырья, будет почерпнута из солнечного излучения или доставлена с Земли, в частности, при помощи отраженного излучения квантовых генераторов света.

Широкое распространение должны получить в Космосе многослойные тонкопленочные конструкции, состоящие из систем оболочек, заполнен-

ных газом, имеющим то или иное давление. Например, весьма крупные зеркала для собирания световых и коротких радиоволн могут изготовляться из металлизированных синтетических пленок, образующих мембрану между двумя тонкопленочными шарами. В одном из этих шаров давление может быть несколько больше, чем в другом. Это даст возможность придать зеркалу-мембране любую кривизну. Могут быть, как это видно из рис. 1, и другие решения конструкции тонкопленочного вогнутого зеркала.

В Космосе нередко могут проявляться те или иные силы, растягивающие конструкцию. В таких условиях найдут широкое применение различного рода синтетические нити и ленты, имеющие организованную молекулярную структуру (монокристаллы и т. п.) и, вследствие такой структуры, чрезвычайно высокую прочность на разрыв.

Из всего этого следует, что различные газы будут существенной компонентой в космических конструкциях. Эти газы должны обладать слабой способностью диффузии через пленки, в которых они заключены. Поэтому найдут, по-видимому, применение такие газы, которые состоят из крупных по размерам молекул. Так как в Космосе вес систем в ряде случаев не имеет существенного значения, возможно, что газы будут в соответствующих условиях заменены жидкостями.

Кроме вещества, существенным элементом космических конструкций должно быть электромагнитное излучение. Это звучит необычно с точки зрения традиций земной архитектуры. Однако, едва ли можно сомневаться, что остронаправленные лучи квантовых генераторов и радиорелейные коротковолновые линии не войдут как неотъемлемая часть в космические сооружения. Примерами таких сооружений электромагнитной космической архитектуры можно считать, например, системы радиолучей,

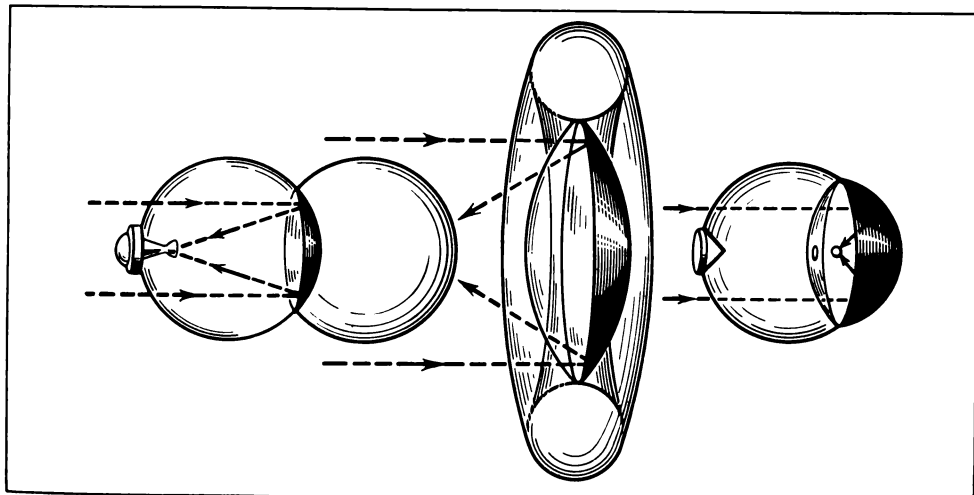


Рис. 1.

Тонкопленочные пневматические вогнутые зеркала

Рис. 2.

Зоны направленного излучения радиоволн, управляющие движением ракеты

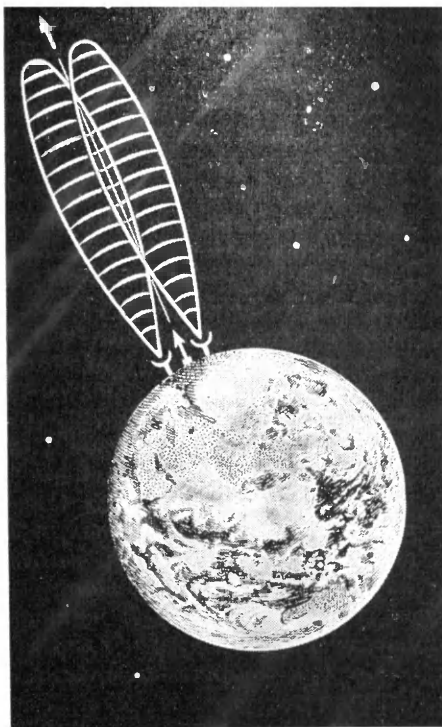
обеспечивающие направленный полет ракет (рис. 2). Весьма вероятно, что при помощи лучей квантового генератора можно будет создавать особые световые трубки, чтобы передавать через Космос различные пары и газы. Такие трубки должны также стать весьма эффективными элементами архитектуры в космосе (рис. 3).

Космическим конструкциям грозят различные опасности. Они подвергаются облучению радиацией, достигающей большой интенсивности при хромосферных вспышках на Солнце, на них действуют весьма активные ультрафиолетовые лучи. Еще более опасны для космических конструкций метеорные тела, движущиеся вблизи Земли со скоростями от 11 до 70 км/сек.

Удары даже совсем незначительных метеорных частиц могут причинить большие разрушения, поскольку они напоминают взрывы небольших зарядов сверхмощного взрывчатого вещества. Если метеорная частица встречает массивную преграду, то она разрушается при проникновении в эту преграду на пути, длина которого близка к размерам частицы.

Однако при этом окружающая среда сильно разогревается, частично плавится и испаряется и производит огромное давление на окружающую массу. В результате этого образуется широкая, но неглубокая воронка, напоминающая по форме лунные кратеры. При таких условиях метеорную частицу небольших размеров можно полностью распылить и уничтожить, поставив на ее пути сравнительно тонкую пленку. Правда, пленка будет при этом пробита. Но если она расположена в виде экрана перед другой такой же пленкой, то вторая пленка будет защищена (рис. 4). Следовательно, защиту от мелких метеорных частиц могут дать многослойные пленочные конструкции.

Для ликвидации отверстий во внешней пленке, которые время от времени будут возникать при метеорных ударах, можно применить самозатягивающиеся материалы такого типа, какие применяются для защиты топливных баков на самолетах. Защита от более крупных метеорных тел может считаться не очень нужной потому, что вероятность ударов таких тел, как известно, очень мала.



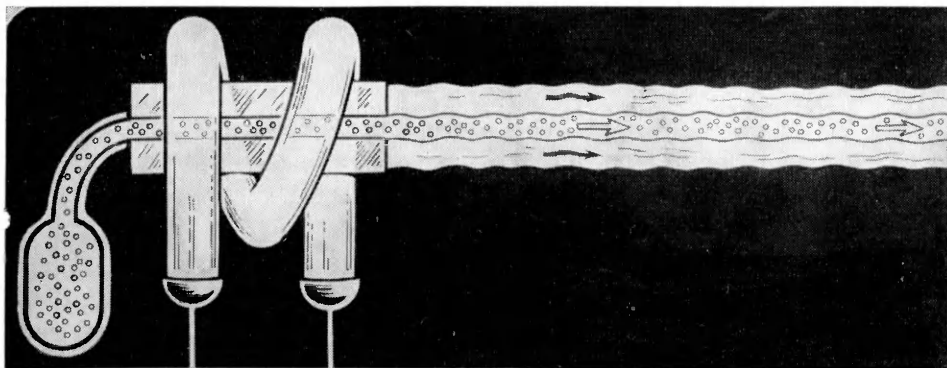


Рис. 3.

Световая трубка, создаваемая квантовым генератором, по которой через космос может передаваться газ

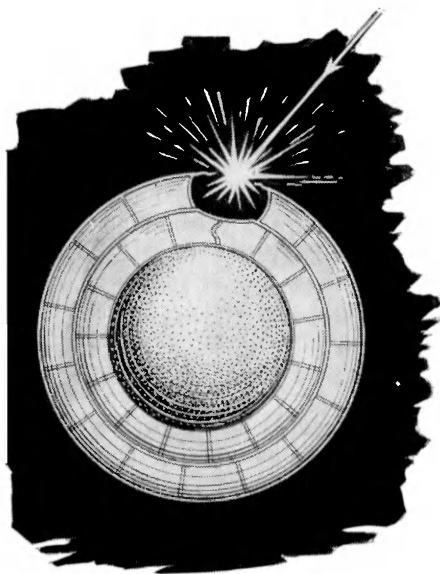


Рис.

Тонкошелечная многослойная защита от мелких метеорных тел

Однако защита возможна и в этом случае. В частности, можно обеспечить дальнейшее радиолокационное наблюдение за приближением крупных метеорных тел и автоматизацию, позволяющую путем небольшого маневра уклониться от встречи с таким телом.

Кроме этого в крупных космических конструкциях возможно обеспечить такое секционирование объемов и дублирование конструктивных связей, которые исключили бы повреждение крупной конструкции в целом, даже если та или иная ее деталь будет разбита крупным метеорным телом. Очевидно, что техника выполнения последующего ремонта в будущем может стать весьма эффективной и быстродействующей.

Если обратиться к архитектурным и инженерным сооружениям, созданным разными народами в разные исторические эпохи на Земле, то можно установить, что все они очень строго и последовательно учитывают действие силы тяжести. Это проявляется, в частности, в строгой вертикальности осей симметрии архитектурных сооружений, так и их деталей (колонны, окна, двери и т. д.)

Совершенно также и архитектура в космосе должна строго учиты-

вать действие космических силовых полей. Такие поля могут возникать в различных случаях. Самым простым примером может служить межпланетная станция, состоящая из двух секций, соединенных более или менее длинным тросом. Станция такого типа будет вращаться вокруг общего центра тяжести, в результате чего каждая из секций подвергнется действию центробежных сил, которые могут заменить действие обычной силы тяжести, создавая внутри секций удобные условия для длительного пребывания космонавтов. Станции такого рода могут быть симметричными и несимметричными или же кольцевыми (рис. 5).

Простейшие системы такого рода удобно назвать линейными. Если такая система начнет двигаться в качестве спутника по круговой орбите около Земли или иного небесного тела, то на эту систему будут действовать так называемые приливообразующие силы (несмотря на то, что центр тяжести такой системы находится в условиях полной невесомости).

Эти силы действуют так, что всякая деталь, не находящаяся в плоскости орбиты, стремится к этой плоскости. Кроме того, всякое тело, находящееся ниже центра тяжести, стремится еще более снизиться, а тело, находящееся выше центра тяжести, стремится подняться еще выше. Силовые линии приливообразующего поля представляют собой систему ветвей гипербол, лежащих в вертикальных плоскостях, перпендикулярных плоскости орбиты (рис. 6).

Учитывая действие приливообразующих сил, можно предположить, что будущие крупные орбитальные станции, движущиеся вокруг Земли и других небесных тел (например, Луны), будут иметь большую ось, вытянутую вертикально (по линии, идущей через центр небесного тела).

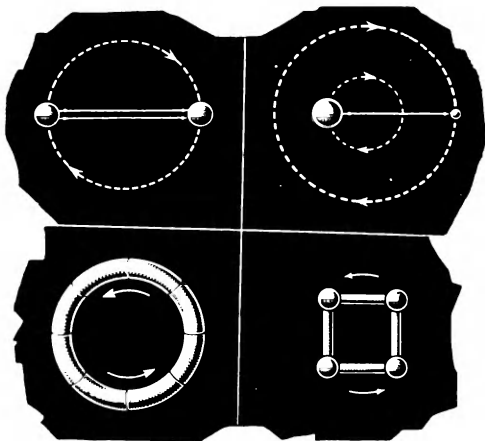


Рис. 5.

Виды космических станций

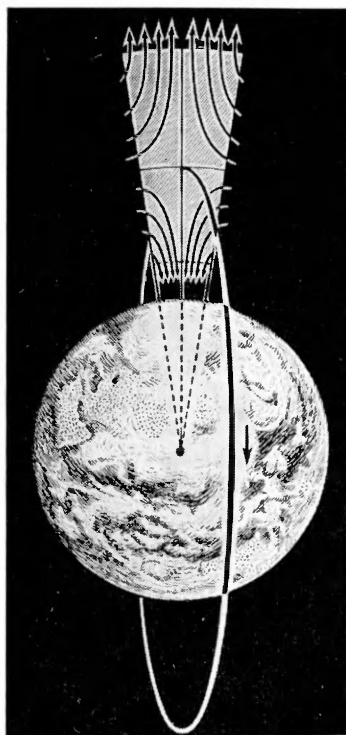


Рис.

Силовые линии поля приливообразующих (приливных) сил

Средняя по величине ось такой станции ляжет при этом в плоскости орбиты, и наименьшая из осей расположится перпендикулярно плоскости орбиты. При этом в вертикальном направлении должны быть связи, работающие на растяжение (вантовые конструкции). В плоскости орбиты нужны легкие связи, фиксирующие форму конструкции, но не несущие силового воздействия. В направлениях, перпендикулярных к плоскости орбиты, нужны связи, работающие на сжатие. Эти связи должны обладать должным сопротивлением на изгиб, чтобы не потерять устойчивости при сжатии.

Конечно, приливообразующие силы невелики. Они во столько раз меньше сил веса, во сколько расстояние данной детали от центра массы всей системы меньше радиуса орбиты. Вследствие этого космические орбитальные станции могут достигать очень больших размеров, растягиваясь на сотни километров в вертикальном направлении. Если такие станции движутся в кильватерном строю по круговой орбите, то они будут все время оставаться на неизменном расстоянии одна от другой. Поэтому не возникнет трудностей при их соединении.

Таким способом можно создать гигантские орбитальные объекты, имеющие форму дуги с центром в центре притягивающего их небесного тела. В конце концов такая дуга (или несколько дуг, построенных на одной орбите) замкнется в кольцо, расположенное по соответствующей орбите. Таких орбитальных колец можно построить достаточно много, используя различные высоты над поверхностью Земли. Кольца и их системы, по-видимому, следует считать одной из образующихся с объективной закономерностью классических форм будущей архитектуры Космоса, более очевидных и прекрасных, чем дорическая колонна или римская арка.

В дальнейшем отдельные орбитальные кольца будут, вероятно, умножаться и, увеличиваясь в размерах, удаляться от небесных тел, охватываемых ими. Возникнут планетарные кольца — расположенные во круг Солнца или других звезд по орбитам планет. При увеличении числа таких колец они совершенно скроют охватываемую ими звезду от внешних наблюдателей. Таким путем может быть создана так называемая сфера Дайсона, перехватывающая полностью высокотемпературное излучение звезды и преобразующая его в низкотемпературное инфракрасное и коротковолновое радиоизлучение. При этом преобразовании энергия излучения может быть использована для осуществления различных сложных технологических и биологических процессов, необходимых высокоразвитой цивилизации.

Человечество, по-видимому, в обозримом будущем не сможет еще осуществить такие грандиозные космические сооружения. Однако, это вовсе не значит, что проблема их строительства не актуальна. Наоборот, именно сейчас, когда необычайно быстро развиваются экспериментальные средства астрофизики, можно поставить задачу по отысканию описанных объектов в беспредельных далях космоса. Эти объекты должны восприниматься как крупные небесные тела, имеющие низкую температуру и чрезвычайно низкую плотность.

Если где-либо в Космосе будут обнаружены сверхкрупные и сверхразреженные космические тела, имеющие низкую температуру, то следует

считаться с возможностью, что перед нами сооружения типа сферы Дайсона, построенные из орбитальных колец и имеющие форму своеобразной раковины.

Сооружение гигантских космических конструкций, несмотря на их чрезвычайную легкость, потребует громадного количества соответствующих строительных материалов. Эти материалы удобнее всего черпать с астероидов и небольших планет, потому что в этом случае потребуется минимум энергии для вывода материала в космическое пространство. Желательно использовать при этом материал таких небольших небесных тел, которые движутся по орбитам вокруг соответствующего центрального тела (Солнца или звезды) на расстоянии, равном примерно радиусу сооружаемого орбитального кольца. При таких условиях потребуется минимальная энергия для сообщения деталям орбитального кольца необходимой скорости, чтобы они могли войти закономерно в состав такого кольца.

Переработка материала должна осуществляться в основном при помощи концентрированного света центральной звезды. В частности, возможно преобразование потока излучения с помощью оптических квантовых генераторов.

Основными химическими элементами, которые будут использованы, очевидно, будут такие, которые наиболее распространены в Космосе, т. е. железо, кремний и кислород. Ядра атомов этих химических элементов термодинамически наиболее устойчивы и этим объясняется их преобладание во Вселенной. Наука пока еще не создала материалов для космических сооружений на основе синтеза железа, кремния и кислорода. Как будет решена эта проблема, сейчас судить преждевременно.

Можно, однако, считать весьма вероятным, что создание конструкции из железа и кремния в Космосе вполне вероятно и закономерно. Не исключено, что будут созданы монокристаллические проволоки, ленты и пленки из этих химических элементов.

Сложную и пока неясную проблему представляет создание монокристаллов окислов железа, которые могли бы быть изготовлены в значительном количестве из космических запасов кислорода и железа.

Жизнь возникла и развивалась на поверхности Земли в ее атмосфере и гидросфере. Вероятно, жизнь возникла и развивалась также на некоторых других небесных телах, может быть, весьма удаленных от нашего уголка Вселенной. Маловероятно, чтобы высокоорганизованный разум ограничил свою деятельность только атмосферой и гидросферой породившей его планеты. Вероятнее, что в поиске свободы для своего творчества высший разум как выражение наиболее организованной материи вырвется в пустоту Космоса и начнет заполнять ее гигантскими конструкциями из вещества, света и электромагнитных волн различных длин. В этих конструкциях несомненно будут также закономерно использованы электрические и магнитные поля, а также, возможно, управляемые гравитационные поля и волны.

Полеты в Космос и вопросы права

Э. ПЕПЕН,
Президент Международного института
космического права (Франция)

Еще до запуска первого спутника Земли 4 октября 1957 г. юристы обратились к проблемам, которые возникают в связи с исследованием и использованием космического пространства с помощью спутников. Однако статьи, написанные в «доспутниковый» период, и обмен мнениями в это время касались прежде всего теоретических вопросов, таких, как пределы распространения суверенитета государств в надземном пространстве.

Но вскоре советские, а также американские достижения в области освоения Космоса заставили юристов заняться более конкретными вопросами, возникшими в результате развития новой науки — космонавтики. Международные и национальные организации юристов изучали и обсуждали юридические аспекты космических полетов, а результаты исследований предоставили в распоряжение различных международных учреждений.

Сознавая важное значение международного сотрудничества в области изучения и использования космического пространства, Генеральная Ассамблея ООН 13 декабря 1958 г. создала Специальный комитет по мирному использованию космического пространства и к перечню технических проблем, подлежащих рассмотрению, добавила изучение правовых проблем, которые могут возникнуть в ходе осуществления программ по исследованию космического пространства.

20 декабря 1961 г. Генеральная Ассамблея ООН приняла первые правовые принципы, призванные регулировать деятельность государств по исследованию и использованию космического пространства:

международное право, включая Устав Организации Объединенных Наций, распространяется на космическое пространство и небесные тела;

космическое пространство и небесные тела доступны для исследования и использования всеми государствами в соответствии с международным правом и не подлежат присвоению государствами.

В этой же резолюции Генеральная Ассамблея ООН, считая, что Организация Объединенных Наций должна быть центром международного сотрудничества при исследовании и использовании космического пространства в мирных целях, обратилась с просьбой к государствам, производящим запуск объектов в космическое пространство, предоставлять ООН необходимую информацию для общедоступной регистрации запусков.

В марте 1962 г. на первой сессии Юридического подкомитета нового постоянного Комитета ООН по использованию космического пространства в мирных целях возникла необходимость в дополнении упомянутых двух основных принципов резолюции.

Одновременно с признанием приоритета в изучении двух важнейших

проблем — оказания помощи космонавтам и космическим кораблям и ответственности за ущерб, причиненный в результате космической деятельности, — советская делегация представила в Юридический подкомитет проект Декларации основных принципов деятельности государств по исследованию и использованию космического пространства для подписания ее всеми государствами мира. На последующих сессиях документы с перечнем основных принципов были представлены ОАР, Англией и США.

Прежде всего нужно было решить вопрос об основных юридических принципах. В 1963 г. Комитет и его Юридический подкомитет широко обсуждали не только содержание принципов, но также и форму, которую должен был принять документ — соглашение, подписанное государствами, или резолюция Генеральной Ассамблеи ООН. Однако тогда договоренность о едином тексте не была достигнута. В 1963 г. был подготовлен и представлен на рассмотрение Генеральной Ассамблеи ООН компромиссный текст, единогласно одобренный ею, — торжественная Декларация правовых принципов, регулирующих деятельность государств по исследованию и использованию космического пространства от 13 декабря 1963 г. Однако она не удовлетворила все государства; некоторые из них рассматривали декларацию лишь как обычную рекомендацию.

В связи с этим Генеральная Ассамблея ООН рекомендовала Комитету ООН по использованию космического пространства в мирных целях рассмотреть вопрос о включении принципов в соответствующие международные соглашения.

Декларация правовых принципов 1963 г. является разумным компромиссом, призванным объединять, а не разделять членов Организации Объединенных Наций, а также и новым выражением международного сотрудничества в космической области, дополняющим единодушно принятую резолюцию Генеральной Ассамблеи ООН от 17 октября 1963 г., которая запрещает размещение ядерного оружия в Космосе. Она торжественно призвала все государства воздержаться от вывода на орбиту вокруг Земли любых объектов с ядерным оружием или другими видами оружия массового уничтожения, установки их на небесных телах или размещения в космическом пространстве каким-либо иным образом и, наконец, воздержаться от побуждения, поощрения или какого-то участия в проведении вышеупомянутой деятельности.

Декларация правовых принципов от 13 декабря 1963 г. подтверждает и уточняет принципы исследования и использования космического пространства, изложенные в резолюции Генеральной Ассамблеи ООН от 20 декабря 1961 г. Основным принципом остается принцип свободы исследования и использования космического пространства и небесных тел всеми государствами на основе равенства, однако при условии, что:

исследование и использование космического пространства осуществляются на благо и в интересах всего человечества;

деятельность государств по исследованию и использованию космического пространства должна осуществляться в соответствии с международным правом, включая Устав Организации Объединенных Наций, в интересах мира и безопасности и развития международного сотрудничества и взаимопонимания;

при исследовании и использовании космического пространства государства должны руководствоваться принципом сотрудничества и взаимной помощи и должны осуществлять всю свою деятельность в космическом пространстве с должным учетом соответствующих интересов других государств.

Декларация подтверждает также принцип, в соответствии с которым космическое пространство и небесные тела не подлежат национальному присвоению, причем уточняется, что такое присвоение не может быть произведено ни провозглашением суверенитета на космическое пространство и небесные тела, ни их использованием или оккупацией, ни любыми другими средствами.

В остальных статьях Декларации содержится краткое изложение других принципов, которые найдут свое развитие и более детальное изложение в последующих конвенциях.

Помощь космонавтам и космическим кораблям в случае бедствия и их возвращение находились в центре внимания заинтересованных государств с самого начала космической эры. Декларация правовых принципов затрагивает и этот вопрос, уточняя, что права собственности на космические объекты, запущенные в космическое пространство, и на их составные части остаются в силе во время их нахождения в Космосе и по возвращении на Землю. Такие объекты или их составные части, обнаруженные за пределами государства, в регистр которого они занесены, должны быть возвращены этому государству: оно обязано заблаговременно представить информацию об опознавательных данных.

Самих же космонавтов все страны должны рассматривать как посланцев человечества в Космос и оказывать им всемерную помощь в случае аварии, бедствия или вынужденной посадки на территории иностранного государства или в открытом море.

Космонавты, совершившие вынужденную посадку, должны быть в безопасности и незамедлительно возвращены государству, в регистр которого занесен их космический корабль.

Ответственность за ущерб, причиненный космической деятельностью, не является на сегодня теоретической проблемой. Космические объекты и их составные части, падая на Землю, могут причинить ущерб. Так, например, в ноябре 1960 г. от обломков американской ракеты погибло несколько коров в районе поселка Ольгин на Кубе. Неоднократно падавшие осколки ракет обнаруживались на земле Канады, США и Южно-Африканского Союза. По мере увеличения числа объектов (ступеней ракет, спутников, осколков), движущихся в космическом пространстве и способных опускаться на Землю в течение более или менее длительного срока, несомненно, возрастет опасность их столкновения либо с другими космическими объектами, либо с самолетами в воздухе.

Декларация от 13 декабря 1963 г. устанавливает общий принцип ответственности за ущерб, причиненный космической деятельностью, по которому каждое государство, осуществляющее или организующее запуск объекта в космическое пространство, а также каждое государство, с территории или установок которого производится запуск объекта, несет международную ответственность за ущерб, причиненный объектом или его

составными частями на Земле, в воздухе или в космическом пространстве иностранному государству.

Это общее положение Декларации правовых принципов должно быть дополнено международной конвенцией. Надо определить, что следует понимать под «ущербом» (материальным, моральным, финансовым и т. п.), каков характер ответственности, а также обстоятельства, исключающие или уменьшающие ее. Нужно ли устанавливать предел ответственности? Как распределиться она в случае совместной космической деятельности нескольких государств?

Кто несет ответственность, если запуск космического корабля произведен международной организацией? Декларация 1963 г. ограничивается лишь указанием на то, что «ответственность за выполнение принципов настоящей декларации несут наряду с международной организацией также и участвующие в ней государства». Следует ли предусмотреть для подобных случаев совместную ответственность? Необходимо будет также определить точные правила процедуры, чтобы потерпевшая сторона знала, каким образом добиваться возмещения причиненного ей ущерба.

Помимо двух упомянутых важных правовых проблем, которым были посвящены два специальных международных соглашения, Декларация правовых принципов касается и других вопросов, которые, несомненно, также потребуют международных конвенций, в частности принцип, обязывающий государства осуществлять всю свою деятельность в космическом пространстве с должным учетом соответствующих интересов других государств (имеются в виду определенные эксперименты, вызывавшие в прошлом возражения со стороны ряда ученых, в частности астрономов, заинтересованных в использовании космического пространства). Декларация предусматривает в общих чертах некое соглашение, по которому государство, имеющее основания полагать, что его деятельность в Космосе или эксперимент, запланированный им или его гражданами, создадут потенциально вредные помехи для деятельности других стран в мирном исследовании и использовании космического пространства, прежде чем приступить к деятельности или эксперименту, должно провести соответствующие международные консультации.

С другой стороны, государство, имеющее основание полагать, что деятельность в космосе или эксперимент, запланированные другим государством, создадут потенциально вредные помехи деятельности в мирном исследовании и использовании космического пространства, может запросить проведения консультаций относительно такой деятельности или эксперимента. Однако этот несколько туманный текст Декларации не предусматривает какой-либо процедуры проведения соответствующих консультаций и не определяет, в какой мере государства обязаны считаться с их результатами.

Институт международного права в Брюсселе и Британский институт по изучению международных проблем имени Дэвида Дэвиса обратили серьезное внимание на более общую обязанность не причинять вреда интересам всего человечества проведением определенных экспериментов. Они подчеркнули опасность, которой чреваты любые изменения на Земле или на небесных телах, в окружающем их пространстве или в космосе в

результате распространения элементов, способных нарушить существующее в природе равновесие, например изменение климата или метеорологических условий в тех или иных районах. Для предотвращения подобного рода экспериментов Британский институт и сформулировал различные постановления и санкции. Несомненно, что заключение конвенции по этому вопросу будет столь же необходимо, как и по вопросу о предотвращении биологического, радиационного и химического заражения космического пространства и небесных тел аппаратами, запускаемыми с Земли, или наоборот.

Сооружение в будущем обитаемых научных станций сначала на Луне, а затем и на других небесных телах поставит вопрос о необходимости изучить их правовое положение. Несомненно, имея в виду общие принципы Декларации 1963 г., сооружение таких станций не может служить оправданием для присвоения Луны или другого небесного тела, ни даже небольшой их части, где они будут расположены. Институт по изучению международных проблем имени Дэвида Дэвиса предложил, чтобы такие станции были как можно скорее переданы под контроль Организации Объединенных Наций. До этого государство, соорудившее или разрешившее своим гражданам соорудить такую станцию, должно осуществлять юрисдикцию над всеми лицами, там проживающими, а также над участком окружающей поверхности, необходимым для использования и поддержания станции.

В случае если две станции, принадлежащие различным государствам, будут сооружены на одном небесном теле в непосредственной близости, возникнет необходимость соответствующего разграничения компетенции каждой из них, не говоря уже о необходимости принятия других мер, в частности, мер для предотвращения возможных взаимных помех при сеансах радиосвязи с Землей.

■ ПРАКТИЧЕСКИЕ ДЕЛА КОСМИЧЕСКОГО ПРАВА

27 января 1967 г. был подписан в Москве, Вашингтоне и Лондоне разработанный по инициативе Советского Союза Договор о принципах деятельности государств по исследованию и использованию космического пространства, включая Луну и другие небесные тела, в который положения Декларации правовых принципов 1963 г. вошли полностью. Договор о Космосе вступил в силу 10 октября 1967 г. В нем участвует большинство стран мира.

Дальнейшие успехи космонавтики по-

требовали конкретизации и развития положений Договора о Космосе 1967 г. применительно к правовому режиму Луны. В связи с этим в 1972 г. в рамках ООН был разработан текст специального Договора о Луне, в основу которого был положен проект, впервые представленный в ООН Советским Союзом в 1971 г. Кроме того, в 1968 г. было заключено международное соглашение о спасении космонавтов, а в 1972 г. разработана конвенция о международной ответственности за ущерб, причиненный космическими объектами.

Г. П. Жуков,
доктор юридических наук

Проблема юридического статуса лунных или планетных станций, а также и орбитальных станций является актуальной проблемой, которую юристы должны изучать так же, как и правовое положение космических орбитальных станций.

Другие правовые проблемы возникли или возникают в результате развития радиосвязи с помощью спутников. Это новое средство связи представляет несомненный интерес не только как дополнение и облегчение обычных средств связи, но и как способ стремительного распространения просвещения и развития культурных обменов. Однако эти средства связи потребуют новой правовой регламентации, особенно когда радиовещательные и телевизионные передачи с одного пункта Земли будут через спутники приниматься непосредственно в другом.

Уже на современном этапе развития радиосвязи вырисовываются многочисленные трудности правового характера, которые должны быть решены в будущем. Некоторые из них были указаны на совещании экспертов, посвященном космической связи и средствам информации, состоявшемся в декабре 1965 г. в здании ЮНЕСКО. Они вызваны, в частности, различными регламентациями использования спутников в передающих и принимающих странах, различными законами этих стран относительно распространения ложных слухов, различной защиты авторских прав в зависимости от того, является или нет определенная страна участником международной конвенции, различным отношением к вопросу об использовании передач в рекламных целях. Составление программ для передачи их во все страны мира потребует соответствующей регламентации, которая не должна в частности, нарушать действующих положений.

В своей преамбуле Декларация правовых принципов от 13 декабря 1963 г. напоминает о применимости к космическому пространству резолюции Генеральной Ассамблеи ООН от 3 ноября 1947 г., осуждающей пропаганду с целью или способную создать или усилить угрозу миру, нарушение мира или акты агрессии.

По мере дальнейшего прогресса в освоении Космоса новые правовые проблемы прибавятся к тем, о которых говорилось выше и которые должны быть решены при широком международном сотрудничестве. Право не может и не должно отставать от научно-технического прогресса.

Кому принадлежит Луна?

Г. П. ЖУКОВ,
доктор юридических наук,
вице-президент Международного института
космического права

Значительные успехи в развитии космонавтики знаменуют приближение того времени, когда полеты пилотируемых кораблей на Луну станут повседневным явлением. Поэтому уже сейчас важно иметь четкое представление о том, можно ли захватить Луну, если нет, то что можно, а чего нельзя на ней делать или, другими словами, каков правовой режим нашего естественного спутника. В настоящее время юристами больше не дискутируется вопрос о том, можно ли захватить Луну и что для этого требуется. Согласно Договору о Космосе от 27 января 1967 г., Луна, как и другие небесные тела, не подлежит национальному присвоению. Ее нельзя присвоить ни путем провозглашения на нее суверенитета, ни путем использования или оккупации, ни любыми другими средствами (ст. II Договора). В договоре четко зафиксировано право свободного доступа к Луне всех государств. При этом ее исследование и использование должно осуществляться на благо и в интересах всех стран и она рассматривается в качестве достояния всего человечества (ст. I Договора).

Таким образом, на вопрос о том, кому принадлежит Луна, мы можем ответить — всему человечеству.

Договор о Космосе дает нам также возможность ответить на вопрос о том, что можно, а чего нельзя делать на Луне.

Прежде всего на Луне запрещено создавать военные базы, сооружения и укрепления, испытывать любые типы оружия, в том числе ядерного, и проводить военные маневры (ст. IV Договора).

Однако не запрещено использовать военный персонал для научных исследований или каких-либо других мирных целей. Не запрещается также использование любого оборудования или средства, необходимых для мирного исследования Луны.

Такая оговорка объясняется чисто практическими соображениями. Каждому должно быть ясно, что мужество, выносливость, а также прекрасная подготовка и выучка военных летчиков является причиной того, что из их числа как правило комплектуются космонавты. В то же время мирный или военный характер деятельности вообще, и на Луне в частности, зависит не от того, осуществляется ли такая деятельность гражданским или военным лицом, а от цели, которая преследуется в каждом конкретном случае. Ведь никому не придет в голову назвать «не мирной» деятельность военного летчика по оказанию помощи населению какого-либо района, пострадавшего от стихийного бедствия.

Вместе с тем очень важно, чтобы оговорка Договора о возможности использования военного персонала, а также любого оборудования не являлась бы лазейкой для использования Луны в военных целях. Ведь Луна,

согласно Договору о Космосе, как и другие небесные тела, должны использоваться исключительно в мирных целях.

Свобода доступа на Луну всех государств не дает права одним государствам действовать в ущерб другим. Поэтому если объектам одного государства на Луне или пребывающим там его гражданам нанесен ущерб, то международную ответственность за это несет причинившее ущерб государство (ст. VII Договора).

Государства должны осуществлять свою деятельность по исследованию и использованию Луны «с должным учетом соответствующих интересов всех других государств» (ст. IX Договора). В частности, имеется в виду избегать вредного загрязнения Луны, а также неблагоприятных изменений земной среды вследствие доставки лунного вещества. В мае 1964 г. Исполнительный совет Комитета по изучению космического пространства Международного совета научных союзов (КОСПАР) принял на основе доклада своей консультативной группы по вопросам потенциально вредных последствий экспериментов, проводимых в Космосе, специальную резолюцию. В ней отмечалось, в частности, что при посадке на Луну нет необходимости проводить такую же тщательную стерилизацию космических объектов, как при полете к Марсу. Консультативная группа исходила из предположения, что условия на поверхности Луны исключают возможность размножения микробов. Исключение могут составлять, по ее мнению, буровые установки на Луне, которые поэтому желательно подвергнуть тщательной стерилизации. Это должно предотвратить заражение в глубинных слоях лунной поверхности, где может существовать более благоприятная среда для размножения микробов.

Как ни мала вероятность наличия микроорганизмов на Луне, ученые все же думали над тем, чтобы воспрепятствовать их возможному вредному воздействию на земные формы жизни. В связи с этим предлагались соответствующие мероприятия по дезинфекции вернувшегося с Луны космического корабля, всего его содержимого и прежде всего герметических

■ НЕКОТОРЫЕ СТАТЬИ ДОГОВОРА О КОСМОСЕ

Статья I

Исследование и использование космического пространства, включая Луну и другие небесные тела, осуществляются на благо и в интересах всех стран, независимо от степени их экономического или научного развития, и являются достоянием всего человечества.

Космическое пространство, включая Луну и другие небесные тела, открыто для исследования и использования всеми государствами без какой бы то ни было дискриминации на основе равенства и в со-

ответствии с международным правом, при свободном доступе во все районы небесных тел.

Космическое пространство, включая Луну и другие небесные тела, свободно для научных исследований, и государства действуют и поощряют международное сотрудничество в таких исследованиях.

Статья II

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.

контейнеров с лунными образцами и скафандров космонавтов. Космонавтов после приземления (приводнения) предлагалось в течение нескольких недель содержать в карантине, как и членов специальной команды, дезинфицировавшей корабль. Доставленные с Луны контейнеры с образцами предлагалось вскрывать с принятием всех мер предосторожности. Некоторые ученые шли еще дальше и предлагали производить осмотр всех упомянутых выше предметов на карантинной космической станции. Они считали также, что первые и наиболее ответственные исследования проб, взятых из Космоса, лучше проводить не на Земле, а в специально оснащенной лаборатории на космическом корабле.

Жизнь, однако, не подтвердила опасений ученых. Американские космонавты, побывавшие на Луне, не подвергаются теперь карантинному режиму, а в отношении лунных образцов, доставленных на Землю, не принимается каких-либо особых мер предосторожности.

При всем значении Договора о Космосе нельзя не отметить, что в силу своего общего характера он не может дать ответа на все вопросы, которые возникнут по мере дальнейшего освоения Луны. Несомненно, со временем потребуют правового регулирования вопросы, связанные с прилетом людей на Луну, с отлетом, с проживанием их на научно-исследовательских станциях, с их взаимоотношениями и деятельностью.

В соответствии с Договором о Космосе от 27 января 1967 г., государства сохраняют право собственности на космические объекты, доставляемые ими на Луну или сооружаемые там, а также осуществляют контроль и юрисдикцию над такими объектами и любым их экипажем (ст. VIII Договора).

Космический объект на Луне может быть сооружен из материалов, доставленных на Луну с Земли, из местного лунного сырья, а также частично из того и другого. Договор о Космосе не делает каких-либо оговорок относительно правового статуса станций, сооруженных на Луне с использованием местного сырья. Поэтому такие станции могут быть

Статья IV

Государства — участники договора обязуются не выводить на орбиту вокруг Земли любые объекты с ядерным оружием или любыми другими видами оружия массового уничтожения, не устанавливать такое оружие на небесных телах и не размещать такое оружие в космическом пространстве каким-либо иным образом.

Луна и другие небесные тела используются всеми государствами — участниками договора исключительно в мирных целях. Запрещается создание на небесных телах военных баз, сооружений и укреплений, испытание любых типов ору-

жия и проведение военных маневров. Использование военного персонала для научных исследований или каких-либо иных мирных целей не запрещается. Не запрещается также использование любого оборудования или средств, необходимых для мирного исследования Луны и других небесных тел.

Статья V

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. Кос-

с полным основанием включены в национальный регистр соорудивших их государств. Рассуждения некоторых авторов о том, что такое включение будет противоречить положению Договора о запрещении национального присвоения Луны, не имеют под собой серьезных оснований.

На международных коллоквиумах по космическому праву обсуждался также вопрос о том, что можно делать с покинутой на Луне станцией? Может ли быть она занята и использована другой страной? Может ли быть она перенесена или разрушена? Нам представляется, что покинутая станция в принципе продолжает оставаться собственностью государства, соорудившего ее на Луне. Только в случае явного отказа государства-собственника от своих прав на такую станцию или другое оборудование они могут рассматриваться в качестве так называемого бесхозного имущества.

Государство, создавшее научно-исследовательскую станцию или поселение на Луне, в силу своей ответственности за все, что происходит там, несомненно, должно будет обладать юрисдикцией не только в отношении своих граждан, находящихся на станции, но так же, как нам кажется, и в отношении находящихся там граждан других государств. Конечно, это не исключает того, что если заинтересованные государства сочтут более приемлемым придерживаться исключительно принципа персональной юрисдикции, то они вправе заключить соответствующее соглашение. Возможно, практика подскажет целесообразность установления различного правового статуса для иностранных граждан, входящих в состав постоянного персонала станции, и лиц, посетивших станцию на короткий срок.

Следует иметь в виду, что Договор о Космосе говорит о юрисдикции и контроле над любым экипажем космического объекта. При этом Договор не проводит различия между юрисдикцией, осуществляемой государством в отношении объекта, запущенного в космическое пространство, и объекта, доставленного или сооруженного на небесном теле.

монавты, которые совершают такую вынужденную посадку, должны быть в безопасности и незамедлительно возвращены государству, в регистр которого занесен их космический корабль.

При осуществлении деятельности в космическом пространстве, в том числе и на небесных телах, космонавты одного государства — участника договора оказывают возможную помощь космонавтам других государств — участников договора.

Государства — участники договора незамедлительно информируют другие государства — участников договора или генерального секретаря ООН об установленных ими явлениях в космическом прост-

ранстве, включая Луну и другие небесные тела, которые могли бы представлять опасность для жизни или здоровья космонавтов.

Статья IX

При исследовании и использовании космического пространства, включая Луну и другие небесные тела, государства — участники договора должны руководствоваться принципом сотрудничества и взаимной помощи и должны осуществлять всю свою деятельность в космическом пространстве с должным учетом соответствующих интересов всех других государств — участников договора. Государства — участники договора осуществ-

На Луне за пределами станций будет действовать исключительно личная юрисдикция государства над своими гражданами. В случае возникновения спора относительно осуществления юрисдикции на Луне полезно обратиться к Договору об Антарктике, который предусматривает, что при наличии подобной ситуации стороны обязаны немедленно консультироваться между собой с целью достижения взаимоприемлемого решения.

По мере того, как отдельные страны будут создавать на Луне новые станции, возможно, возникнет необходимость в заключении специальных международных соглашений для урегулирования возникших вопросов.

Для высадившихся на Луну космонавтов важное значение будет иметь служба предсказания опасных вспышек на Солнце, а также своевременное предупреждение об увеличении радиации, вызванной неожиданной вспышкой на Солнце. В этой связи большое значение приобретает содержащееся в Договоре о Космосе обязательство незамедлительной взаимной информации государствами об установленных ими явлениях в космическом пространстве, в том числе на Луне и других небесных телах, которые могли бы представить опасность для жизни или здоровья космонавтов (ст. V Договора).

Суровые и необычные условия, с которыми неизбежно столкнется человек на Луне, потребуют установления там самых широких контактов и сотрудничества между представителями различных государств. Такие контакты должны содействовать оказанию взаимной помощи друг другу и предотвратить проведение экспериментов, которые могут создать вредные помехи деятельности какой-либо станции на Луне (например, ее радиосвязи с Землей).

Дальнейшее освоение Луны, возможно, потребует создания какой-то специальной спасательной службы.

Помимо права создавать на Луне станции, каждое государство будет иметь право использовать естественные ресурсы Луны. Это право может включать: 1) разведку, добычу и разработку минеральных и других есте-

ляют изучение и исследование космического пространства таким образом, чтобы избегать его вредного загрязнения, а также неблагоприятных изменений земной среды вследствие доставки внеземного вещества, и с этой целью, в случае необходимости, принимают соответствующие меры. Если какое-либо государство — участник договора имеет основания полагать, что деятельность или эксперимент, запланированные этим государством — участником договора или гражданами этого государства создадут потенциально вредные помехи деятельности других государств в деле мирного исследования и использования космического

пространства, то оно должно провести соответствующие международные консультации, прежде чем приступить к такой деятельности или эксперименту. Государство — участник договора, имеющее основание полагать, что деятельность или эксперимент, запланированные другим государством — участником договора в космическом пространстве, создадут потенциально вредные помехи деятельности в деле мирного исследования и использования космического пространства, включая Луну и другие небесные тела, может запросить проведение консультаций относительно такой деятельности или эксперимента.

ственных ресурсов Луны; 2) их использование и переработку для местных нужд, а возможно, также вывоз на Землю.

Признание за отдельными государствами права на использование естественных ресурсов Луны ни в коем случае не означает признания за ними права на национальное присвоение Луны. Луна должна оставаться открытой для исследования и использования другими государствами на основе равенства и в соответствии с международным правом. Доставка на Землю лунных образцов является одной из форм научного исследования Луны.

В ходе дальнейшего освоения Луны возникнет много вопросов, которые потребуют координации и согласования усилий заинтересованных стран. В частности, это может коснуться строительства и эксплуатации посадочно-взлетных площадок, распределения энергетических ресурсов, взаимопомощи в случае бедствия, осуществления юрисдикции, обеспечения коммуникаций и связи в лунных условиях, эксплуатации полезных ископаемых, охраны естественных ресурсов, содействия научным исследованиям и научному сотрудничеству, обмена различного рода сведениями, имеющими важное значение для лиц, пребывающих на Луне, а также многих других вопросов, которые заранее трудно предвидеть.

Библиография

Б. В. ЛЯПУНОВ

В библиографию включена научная и частично научно-популярная литература по проблемам, освещенным в статьях сборника: о сущности жизни, о космических воздействиях на жизнь Земли, о возможности жизни во Вселенной, о внеземных цивилизациях и контактах с ними, о перспективах освоения Космоса и космическом праве. Список литературы составлен по разделам сборника, а внутри разделов — в алфавитном порядке по фамилиям авторов.

В библиографию вошла литература, изданная преимущественно в последние годы различными издательствами, в том числе «Наукой», «Науковой думкой» (на русском языке), «Знанием», «Машиностроением» и др. Включена также переводная литература.

Литература по вопросам собственно космонавтики представлена отдельными, в основном обобщающими изданиями. Новейшие достижения космической биологии и медицины, связанные с осуществлением первых космических полетов, представлены некоторыми наиболее значительными работами научного и научно-популярного характера.

Помимо книг и брошюр, вопросы, затронутые в сборнике, освещаются в различных периодических изданиях как научного, так и научно-популярного характера. К ним относятся журналы: «Земля и Вселенная», «Астрономический журнал», «Астрономический вестник», «Космические исследования», «Космическая биология и медицина», «Авиация и космонавтика». С 1958 по 1963 г. Издательством Академии наук было издано 18 сборников «Искусственные спутники Земли». Академией наук Казахской ССР были выпущены Труды сектора астроботаники (1953—1960 гг., тт. 1—8).

Тематика сборника нашла отражение в научно-популярных журналах и альманахах общего характера — «Природа», «Наука и жизнь», «Техника — молодежи», «Знание — сила», «Наука и человечество», «Хочу все знать», «Будущее науки».

Статьи по космонавтике и смежным вопросам помещены в Большой советской энциклопедии (2-е издание).

С 1957 г. выпускаются ежегодники БСЭ, где в разделе «Наука и техника» освещаются советские и зарубежные космические исследования, проблемы астрономии, материалы всесоюзных и международных научных съездов, совещаний, конференций и т. п.

Издательством «Советская энциклопедия» выпущена однотомная популярная энциклопедия «Космонавтика» (2-е дополненное издание, 1970 г.), включающая материалы по космонавтике, современной ракетно-космической технике, астрономии и геофизике, космической биологии и медицине, космическому праву. В приложении приведены данные о запущенных в 1957—1969 гг. космических аппаратах и обширная библиография на русском и иностранных языках.

1. Жизнь — что это такое?

- Альвен Г.* Миры и антимир. Космология и антиматерия. Пер. с шведского. М., «Мир», 1968, 120 стр.
- Вайскопф В.* Наука и удивительное. Как человек понимает природу. Пер. с англ. М., «Наука», 1965, 228 стр. (Глава VIII—«Жизнь», стр. 164—186; глава IX—«Эволюция», стр. 187—225).
- Вернадский В. И.* Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. М., «Наука», 1965, 375 стр.
- Возникновение жизни на Земле.* Труды Международного симпозиума 19—24 авг. 1957 г., Москва, М., Изд-во АН СССР, 1959, 672 стр.
- Возникновение жизни во Вселенной* (Сборник статей). М., Изд-во АН СССР, 1963, 96 стр.
- Вологдин А. Г.* Земля и жизнь. Эволюция среды и жизни на Земле. М., Изд-во АН СССР, 1963, 175 стр.
- Гробстайн К.* Стратегия жизни. Перевод с англ. М., «Мир», 1968, 144 стр.
- Гумилевский Л. И.* Вернадский. М., «Молодая гвардия», 1967, 255 стр. («Жизнь замечательных людей»).
- Кальвин М.* Химическая эволюция. Молекулярная эволюция, ведущая к возникновению живых систем на Земле и на других планетах. Пер. с англ. М., «Мир», 1971, 240 стр.
- Лозина-Лозинский Л. К.* Границы жизни. М., «Знание», 1962, 48 стр.
- О сущности жизни.* Сборник. М., «Наука», 1964, 351 стр.
- Опарин А. И.* Жизнь, ее природа, происхождение и развитие. Изд. 2-е, доп. М., «Наука», 1968, 174 стр.
- Опарин А. И.* Происхождение жизни на Земле. М., «Медицина», 1965, 60 стр.
- Опарин А. И.* Современные данные о происхождении жизни. М., «Знание», 1966, 47 стр.
- Происхождение предбиологических систем.* Сборник. Пер. с англ. М., «Мир», 1966, 462 стр.
- Хильми Г. Ф.* Основы физики биосферы. М., Гидрометеонадат, 1966, 300 стр.
- Шелли Х.* Звезды и люди. М., Госоноиздат, 1962, 152 стр.

2. Космические воздействия

- Агаджанян Н. А.* Человек, атмосфера и Солнце. М., «Знание», 1968, 64 стр.
- Витинский Ю. И.* Солнечная активность. М., «Наука», 1969, 92 стр.
- Данилов А. Д.* Химия атмосферы и космос. Л., Гидрометеонадат, 1968, 131 стр.
- Земля во Вселенной.* Сборник. М., «Мысль», 1964, 492 стр. (разделы «Солнечная активность и Земля» — стр. 331—417, «Биосфера Земли и физические поля» — стр. 418—479).
- Коржув П. А.* Эволюция. Гравитация. Невесомость. М., «Наука», 1971, 152 стр.
- Мензел Д.* Наше Солнце. Пер. с англ. М., Физматгиз, 1963, 328 стр.
- Мирошниченко Л. И.* Солнце и космические лучи. М., «Знание», 1970, 80 стр.
- Пушков Н. В., Силкин В. И.* Внимание! Солнце спокойно. Л., Гидрометеонадат, 1966, 182 стр.
- Сазонов Б. И.* Космос у наших дверей. Л., Гидрометеонадат, 1966, 200 стр.
- Силкин В. И.* Земля и Солнце. М., «Просвещение», 1967, 104 стр.
- Солнечная активность и жизнь.* Сборник. Рига, «Зинатне», 1967, 136 стр.
- Тушинский Г. К.* Космос и ритмы природы Земли. М., «Просвещение», 1966, 119 стр.
- Рубашов Б. И.* Проблемы солнечной активности. М., «Наука», 1964, 361 стр.
- Чижевский А. Л.* Солнце и мы. М., «Знание», 1963, 48 стр.
- Чижевский А. Л., Шишина Ю. Т.* В ритме Солнца. М., «Наука», 1969, 112 стр.

3. В лучах Солнца

- Атлас обратной стороны Луны.* М., Изд-во АН СССР, 1960, 148 стр., 30 фото, 1 карта.
- Атлас обратной стороны Луны.* Ч. 2. М., «Наука», 1967, 236 стр., 22 листа илл., 2 карты.
- Атлас рисунков Марса.* М., Изд-во АН СССР, 1961, 119 стр.
- Байндер О.* Загадки астрономии. Пер. с англ. М., «Мир», 1965, 180 стр.

- Болдуин Р.* Что мы знаем о Луне? Пер. с англ. М., «Мир», 1967, 172 стр.
- Бронштэн В. А.* Планета Венера. М., «Знание», 1971, 47 стр.
- Венера раскрывает тайны. М., «Машиностроение», 1969, 48 стр.
- Возникновение органического вещества в Солнечной системе. Сборник. Пер. с англ. М., «Мир», 1969, 183 стр.
- Вокулер Ж.* Физика планеты Марс. Пер. с франц. М., Госиноиздат, 1956, 350 стр.
- Вопросы астрофизики (исследование атмосфер Венеры и Марса). Киев, «Наукова думка», 1965, 167 стр.
- Воронцов-Вельяминов Б. А.* Очерки о Вселенной. Изд. 5-е, доп. М., «Наука», 1964, 552 стр.
- Вселенная вокруг нас. Сборник. М., «Знание», 1966, 152 стр.
- Всехсвятский С. К.* Планета Земля и ее соседи. М., «Знание», 1966, 32 стр.
- Дмитриев Ю. И.* Космическая «геология». М., «Знание», 1969, 48 стр.
- Жарков В. П.* и др. Введение в физику Луны. М., «Наука», 1969, 311 стр.
- Жизнь вне Земли и методы ее обнаружения. Сборник. М., «Наука», 1970, 208 стр.
- Земля и Вселенная (научно-популярный сборник). М., «Знание», 1966, 288 стр.
- Келлог У., Сэган К.* Атмосферы Марса и Венеры. Пер. с англ. М., Госиноиздат, 1962, 267 стр.
- Коваль И. К.* Мир планет. Киев, «Наукова думка», 1968, 104 стр.
- Комаров В. Н.* Увлекательная астрономия. М., «Наука», 1968, 432 стр.
- Корлисс У.* Загадки Вселенной. Пер. с англ. М., «Мир», 1970, 248 стр. (о Луне и планетах — стр. 131—191; поиски жизни за пределами Земли — стр. 218—247).
- Космос. Сборники. Вып. 1. М., Изд-во АН СССР, 1963, 96 стр.: вып. 2. М., «Наука», 1965, 112 стр.
- Куликов К. А.* Первые космонавты на Луне. Описание Луны и астрономических явлений, наблюдаемых с ее поверхности. М., «Наука», 1965, 192 стр.
- Марс. Сборник статей советских и зарубежных ученых. М., «Знание», 1962, 64 стр.
- Мартынов Д. Я.* Планеты. Решенные и нерешенные проблемы. М., «Наука», 1970, 88 стр.
- Мишо Ш.* Планета Марс. Физические свойства. Пер. с англ. М., «Мир», 1970, 224 стр.
- Мороз В. И.* Физика планет. М., «Наука», 1967, 496 стр.
- Мур П.* Планета Венера. Пер. с англ. М., Госиноиздат, 1961, 146 стр.
- Наан Г. И.* Жизнь существует не только на Земле. В сб. «Наука вторгается в неизведанное», М., «Знание», 1964, стр. 43—48.
- Нестерович Э. И.* Меркурий. М., «Знание», 1963, 38 стр.
- Новое о Луне. Сборник. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1963, 427 стр.
- Новое о Марсе и Венере. Сборник. Пер. с англ. М., «Мир», 1968, 388 стр.
- Оринг Дж.* Погода на планетах. Пер. с англ. Л., Гидрометеониздат, 1968, 124 стр.
- Первые панорамы лунной поверхности. По материалам автоматической станции «Луна-9». М., «Наука», 1966, 103 стр.
- Планеты и спутники. Сборник. Пер. с англ. М., Госиноиздат, 1963, 520 стр.
- Радзиевский В. В.* Великие противостояния Марса. М., «Знание», 1971, 48 стр.
- Развитие астрономии в СССР. М., «Наука», 1967, 475 стр.
- Рубенчик Л.* Микроорганизмы и космос. Киев, «Наукова думка», 1968, 116 стр.
- Рыбаков Н. И.* Микробы и космос. М., «Знание», 1962, 32 стр.
- Саймон Т.* Поиски планеты икс. Пер. с англ. М., «Мир», 1966, 104 стр.
- Струве О., Зебергс В.* Астрономия XX века. Пер. с англ. М., «Мир», 1968, 548 стр.
- Тейфель В. Г.* Планеты-гиганты. М., «Наука», 1964, 64 стр.
- Тихов Г. А.* Астробиология. М., «Молодая гвардия», 1953, 67 стр.
- Тихов Г. А.* Астроботаника. Алма-Ата, Изд-во АН Каз. ССР, 1949, 23 стр.

- Тихов Г. А.* Есть ли жизнь на Марсе? 2-е изд., доп. М., «Московский рабочий», 1959, 72 стр.
- Тихов Г. А.* Основные труды в пяти томах. Алма-Ата, Изд-во АН Каз. ССР, т. 4. Астроботаника и астрофизика. 1959, 257 стр. Т. 5. Ботаника. Марс. Жизнь во Вселенной. Астрофизика и атмосферная оптика. 1960. 339 стр.
- Тихов Г. А.* Планета Марс. Алма-Ата, Изд-во Каз. ССР, 1948, 24 стр.
- Тихов Г. А.* Шестьдесят лет у телескопа. Литературная записка В. Д. Пекелеса М., Детиздат, 1959, 160 стр.
- Уинпл Ф.* Земля, Луна и планеты. Пер. с англ. М., «Наука», 1967, 252 стр.
- Фесенков В. Г., Троицкий В. С., Барабашев Н. П., Шаронов В. В., Виткевич В. В., Шепли Х.* Звезды и планеты. М., «Знание», 1965, 136 стр.
- Ходак Ю. А.* «География» и «геология» Марса. М., «Знание», 1970, 32 стр.
- #### 4. Шаги в космос
- Борисов В., Горлов О.* Жизнь и космос. М., «Советская Россия», 1961, 200 стр.
- Влияние факторов космического полета на функции центральной нервной системы.* Сборник. М., «Наука», 1966, 272 стр.
- Гагарин Ю. А., Лебедев В. И.* Психология и космос. М., «Молодая гвардия», 1968, 208 стр.
- Газенко О. Г., Парфенов Г. П.* Космос и жизнь. М., «Знание», 1967, 32 стр.
- Гильзин К. А., Левантовский В. И., Разлин И. Е.* Человек осваивает космос. М., «Знание», 1968, 152 стр.
- Гильзин К. А.* Электрические межпланетные корабли. Изд. 2-е, перераб. и доп. М., «Наука», 1970, 432 стр.
- Денисов В. Г., Алимов В. И.* Луна и планеты. Космическая программа. М., «Знание», 1971, 32 стр.
- Денисов В. Г., Онищенко В. Ф.* Шаги среди звезд (в полете человек и автоматы). М., «Знание», 1970, 160 стр.
- Егоров А. В., Павлов Г. И.* Внимание — невесомость! Киев, «Наукова думка», 1965, 96 стр.
- Коваль А. Д.* Космические полеты. М., «Знание», 1971, 48 стр.
- Коваль А. Д., Успенский Г. Р., Яснов В. П.* Космос — человеку. М., «Машиностроение», 1971, 212 стр.
- Космическая биология и медицина. Медико-биологические проблемы космических полетов.* М., «Наука», 1966, 464 стр.
- Краткий справочник по космической биологии и медицине.* М., «Медицина», 1967, 368 стр.
- Лебедев Л. А., Никитин С. А., Соколов В. Б.* На пути к орбитальным станциям. М., «Знание», 1971, 48 стр.
- Леонов А. А., Лебедев В. И.* Восприятие пространства и времени в космосе. М., «Наука», 1968, 116 стр.
- Леонов А. А., Лебедев В. И.* Психологические основы деятельности космонавта. М., «Наука», 1971, 255 стр.
- Невесомость.* Сборник. Пер. с англ. М., «Мир», 1964, 275 стр.
- Новожионов Ю. И.* Человек и техника в освоении космоса. М., «Знание», 1972, 32 стр.
- Овенден М. В.* Жизнь во Вселенной. Научное обсуждение. Пер. с англ. М., «Мир», 1965, 120 стр.
- Опарин А. И., Фесенков В. Г.* Жизнь во Вселенной. М., Изд-во АН СССР, 1956, 224 стр.
- Освоение космического пространства в СССР.* М., «Наука», 1971. (АН СССР. Институт космических исследований). 1957—1967 гг., 556 стр.; 1967—1970 гг., 360 стр.
- От космических кораблей к орбитальным станциям.* Изд. 2-е, перераб. и доп. М., «Машиностроение», 1971, 116 стр.
- Парин В. В., Космолинский Ф. П., Душков Б. А.* Космическая биология и медицина. М., «Просвещение», 1970, 224 стр.
- Парин В. В. и др.* Очерки по космической физиологии. М., «Медицина», 1967, 163 стр.
- Перельман Р. Г.* Двигатели галактических кораблей. М., Изд-во АН СССР, 1962, 200 стр.
- Перельман Р. Г.* Цели и пути покорения космоса. М., «Наука», 1967, 212 стр. (о межзвездных перелетах — стр. 138—208).

- Петров Г. И.* Космические исследования в СССР. М., «Знание», 1970, 46 стр.
- Пономарев А. Н.* Пилотируемые космические корабли. М., Воениздат, 1968, 224 стр.
- Проблема создания замкнутых экологических систем. М., «Наука», 1967, 259 стр.
- Селешников С. И.* Астрономия и космонавтика. Краткий хронологический справочник с древнейших времен до наших дней. Киев, «Наукова думка», 1967, 303 стр.
- Серезин А. В.* Жизнеобеспечение экипажей космических кораблей. М., «Знание», 1970, 32 стр.
- Скуридин Г. А.* Изучение Луны и планет космическими аппаратами. М., «Знание», 1971, 64 стр.
- Современные достижения космонавтики. Сборник. М., «Знание», 1971, 63 стр.
- Справочник по космонавтике. М., Воениздат, 1966, 328 стр.
- Уманский С. П.* Человек в космосе. М., Воениздат, 1970, 191 стр.
- Успехи СССР в исследовании космического пространства (Первое космическое десятилетие, 1957—1967). М., «Наука», 1968, 559 стр.
- Федюшин Б. К.* Межзвездные перелеты. В сб. «Будущее науки». М., «Знание», 1966, стр. 109—118.
- Фесенков В. Г.* Жизнь во Вселенной. М., «Знание», 1964, 62 стр.
- Фирсов В.* Жизнь вне Земли. Сокр. пер. с англ. М., «Мир», 1966, 388 стр.
- Циолковский К. Э.* Жизнь в межзвездной среде. М., «Наука», 1964, 84 стр.
- Циолковский К. Э.* Путь к звездам. Сборник. Изд. 2-е. М., Изд-во АН СССР, 1961, 354 стр. («Изменение относительной тяжести на Земле», «Живые существа в космосе», «Биология карликов и великанов»).
- Человек в космическом корабле. Сборник. М., «Знание», 1965, 32 стр.
- Человек под водой и в космосе. Сборник. Пер. с англ. М., Воениздат, 1967, 390 стр.
- Чхаидзе Л. В.* Координация произвольных движений человека в условиях космического полета. Изд. 2-е, испр. и доп., М., «Наука», 1968, 136 стр.
- Шарп М. Р.* Человек в космосе. Пер. с англ. М., «Мир», 1971, 200 стр.
- Яздовский В. И.* Биология и космос (проблемы космической биологии и медицины). М., «Знание», 1964, 80 стр.

5. Разум, отзовись!

- Внеземные цивилизации. Ереван, Изд-во АН Армянской ССР, 1965, 152 стр.
- Гиндлис Л. М., Каплан С. А., Кардашев Н. С., Пановкин Б. Н., Сухотин Б. В., Хованов Г. М.* Внеземные цивилизации. Проблемы межзвездной связи. М., «Наука», 1969, 439 стр.
- Кондратов А.* Братья по разуму. М., «Советская Россия», 1963, 80 стр.
- Кондратов А.* Звуки и знаки. М., «Знание», 1966 (разделы «Линкос» — космический язык — стр. 199—202; «Здравствуй, звездный брат!» — стр. 205).
- Межзвездная связь. Сборник. Пер. с англ. М., «Мир», 1965, 324 стр.
- Петрович М.* Кто вы? М., «Молодая гвардия», 1970, 240 стр.
- Салливан У.* Мы не одни. Пер. с англ. М., «Мир», 1967, 384 стр.
- Честнов Ф.* Одиноки ли мы во Вселенной? М., «Московский рабочий», 1968, 127 стр.
- Шкловский И. С.* Вселенная. Жизнь. Разум. Изд. 2-е, перераб. и доп. М., «Наука», 1965, 284 стр.

6. Человечество — цивилизация космическая?

- Базурин Р. Г.* Космические исследования и развитие науки. М., «Знание», 1965, 47 стр.
- Верещетин В. С.* Космос и международное сотрудничество. М., «Знание», 1971, 48 стр.
- Жуков Г. П.* Космическое право. М., Изд-во «Международные отношения», 1966, 296 стр.
- Жуков Г. П.* Международное космическое право. М., «Знание», 1971, 48 стр.
- Колосов Ю. М.* Борьба за мирный космос. М., «Международные отношения», 1968, 128 стр.
- Комаров В. Н.* Человек раскрывает тайны Вселенной. М., «Мысль», 1966, 203 стр.

- Космическая эра. Прогнозы на 2001-й год.** Пер. с англ. М., «Мир», 1970, 420 стр.
- Космос и проблема всеобщего мира.** М., «Наука», 1966, 196 стр.
- Перельман Р. Г.** Цели и пути покорения космоса. М., «Наука», 1967, 212 стр. (раздел «Астронавтика, закономерности и цели» — стр. 5—57).
- Петров Б. Н.** Космические исследования и научно-технический прогресс. М., «Знание», 1971, 48 стр.
- Пирадов А. С.** Космос и международное право. М., «Знание», 1970, 61 стр.
- Севастьянов В. И., Урсул А. Д.** Эра космоса: общество и природа. М., «Знание», 1972, 64 стр.
- Седов Л. И.** Наука, космонавтика и общество. М., «Знание», 1968, 47 стр.
- Седов Л. И.** Проблемы науки. М., «Знание», 1966 (космонавтика — стр. 41).
- Смагин В. И.** Космос и наука. Киев, «Наукова думка», 1964, 100 стр.
- Современные проблемы космического права.** М., Госиноиздат, 1963, 400 стр.
- Урсул А. Д.** Некоторые философские проблемы освоения космоса. М., «Знание», 1964, 32 стр.
- Урсул А. Д.** Освоение космоса (философско-методические и социологические проблемы). М., «Мысль», 1967, 233 стр.
- Фаддеев Е. Т.** Космонавтика и общество. М., «Знание», 1970. Ч. 1, 48 стр., ч. 2, 48 стр.

Содержание

	Предисловие	3
	1. Жизнь — что это такое?	5
А. И. Опарин	У истоков жизни	6
Д. Бернал	О том, что предшествовало жизни	16
А. Н. Колмогоров	Жизнь и мышление как особые формы существования материи	27
Г. Ф. Хильми	Хаос и жизнь	33
Л. К. Лозина-Лозинский	Границы жизни	50
А. Г. Вологдин	Первые шаги эволюции	60
М. Калвин, Д. Бойлен, Ю. Мак-Карти, У. Ван-Хевен	Следы жизни в докембрийских слоях и поиски жизни в Космосе	68
Ф. А. Цицин	Распространенность жизни и роль разума во Вселенной	76
И. А. Ефремов	Космос и палеонтология	91
Ю. М. Ралль	Инопланетяне — похожи ли они на нас?	103
	2. Космические воздействия	107
А. Л. Чижевский	Некоторые космические связи земной биосферы	108
В. Н. Ягодинский	Эпидемии в солнечном свеге	114
А. К. Подшибякин	В ритме Солнца	126
П. А. Коржув	Жизнь, гравитация, невесомость.	133
Д. Пиккарди	Космос в капле воды	142
	3. В лучах Солнца	149
А. А. Имшенецкий	Экзобиология: методы и задачи	150
В. Ф. Купревич	Всеобщность жизни	163
А. П. Виноградов	Новое в химии планет	172
Б. В. Тимофеев	Следы живого в метеоритах	178

Г. А. Тихов	О возможности жизни на Марсе (геоцентризм в современной биологии)	182
Ф. Солсбери	Разум на Марсе	190
К. Саган	Можно ли обнаружить наше присутствие?	204
4. Шаги в Космос		215
К. П. Феоктистов	Космические корабли	216
Н. М. Сисакян	Жизнь в Космосе	229
В. В. Парин, Ф. Д. Горбов, Ф. П. Космолинский	Космическая психология	240
У. Корлисс	Обнаружение жизни в Космосе	250
Н. Пири	Лунный микрокосмос	258
5. Разум, отзовись!		265
В. А. Амбарцумян	Проблема поиска внеземных цивилизаций	266
И. С. Шкловский	Множественность обитаемых миров и проблема установления контакта между ними	270
В. И. Котельников	Радиосвязь с внеземными цивилизациями	280
Л. М. Гиндилис	Поиски внеземных цивилизаций	283
Г. Фройденталь	Линкос — межпланетный язык	306
6. Человечество — цивилизация космическая?		317
Э. Кольман	Космос и человек	318
К. А. Гильзин	Космические корабли будущего	327
Б. К. Федюшин	Возможны ли межзвездные перелеты?	340
Г. И. Покровский	Архитектура в Космосе	345
Э. Пепен	Полеты в Космос и вопросы права	352
Г. П. Жуков	Кому принадлежит Луна?	358
Библиография		364
(Составлена Б. В. Ляпуновым)		

НАСЕЛЕННЫЙ КОСМОС

Утверждено к печати
редколлекцией серии
научно-популярных изданий
Академии наук СССР

Редактор И. Б. Прокофьева
Художник В. Г. Прохоров
Художественный редактор В. Н. Тикунов
Макет книги, техническая редакция
И. А. Макагоновой

Сдано в набор 10/IV 1972
Подписано к печати 29/IX 1972 г.
Формат 70×90^{1/16} Усл. печ. л. 27,2
Уч.-изд. л. 27,4 Тираж 20 000 Т-15656
Тип. зак. 423. Цена 2 р. 45 коп.

Издательство «Наука», 103717 ГСП,
Москва К-62, Подсосенский пер., 21
2-я типография издательства «Наука».
121099, Москва Г-99, Шубинский пер., 10