

х.шепли
ЗВЕЗДЫ
И
ЛЮДИ

А Н Н О Т А Ц И Я

С давних времен человечество волновал вопрос: одинок ли человек во Вселенной или где-то существуют иные миры, населенные разумными существами? Автор книги, один из виднейших американских астрономов, в согласии с материалистической наукой дает положительный ответ: человек не одинок во Вселенной, жизнь — это закономерный продукт развития материи.

Опираясь на теорию происхождения жизни, созданную советским ученым акад. Опаринным, автор анализирует физические условия на различных телах Вселенной и приходит к выводу, что жизнь и ее высшее проявление — разумные существа — распространенное во Вселенной явление.

Книга написана живым, увлекательным языком и рассчитана на широкие круги читателей.

*Редакция астрономии
и геофизики*



OF STARS AND MEN

Harlow Shapley

E L E K B O O K S

L O N D O N 1 9 5 8

Х. ШЕПЛИ

ЗВЕЗДЫ
и ЛЮДИ

ИЗДАТЕЛЬСТВО
ИНОСТРАННОЙ
ЛИТЕРАТУРЫ *Москва*

1962

ОГЛАВЛЕНИЕ

<i>Предисловие редактора</i>	5
<i>Предисловие</i>	9
1. ВВЕДЕНИЕ	11
2. «НОВЫЕ МЕХА ДЛЯ НОВОГО ВИНА»	18
3. О СУЩЕСТВОВАНИИ СЛУЧАЙНОГО	25
4. ИССЛЕДОВАНИЕ ДРУГИХ МИРОВ	58
5. РАЗВИТИЕ ПЕРВИЧНОЙ ЖИЗНИ	78
6. РАДУГИ И КОСМИЧЕСКАЯ ХИМИЯ	89
7. ЧЕТВЕРТОЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЕ	104
8. ОТКАЗ ОТ ВЕЛИКИХ МОМЕНТОВ	114
9. О ПРОИСХОЖДЕНИИ ОРГАНИЗМОВ	118
10. КАКОВА ЖЕ ДОЛЖНА БЫТЬ РЕАКЦИЯ ЧЕЛОВЕКА?	134

Редактор *Р. Г. Шнейдер*

Художник *А. П. Радищев*. Художественный редактор *Е. И. Подмарькова*

Технический редактор *В. И. Александров*

Корректор *Р. Я. Новик*

Сдано в производство 23/II 1962 г. Подписано к печати 31/V 1962 г.

Бумага $84 \times 108 \frac{1}{32} = 2,4$ бум. л. 8,0 печ. л., в т.ч. 2 вкл. Уч.-изд. л. 7,9

Изд. № 27/0590 Цена 55 коп. Заказ № 2774

ИЗДАТЕЛЬСТВО ИНОСТРАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Москва, 1-й Рижский пер., 2

Первая Образцовая типография имени А. А. Жданова Московского
городского совнархоза. Москва, Ж-54, Воровая, 28

ПРЕДИСЛОВИЕ РЕДАКТОРА

Предлагаемая вниманию читателя книга «Звезды и люди» посвящена вопросу, который волнует человечество в течение многих веков,—вопросу о распространенности жизни во Вселенной.

Сейчас интерес к этому вопросу вновь сильно ожил, поскольку в связи с первыми космическими полетами Ю. А. Гагарина, Г. С. Титова стало ясно, что посещение человеком других планет солнечной системы — дело недалекого будущего.

Автор книги — выдающийся американский астроном Харлоу Шепли (род. в 1885 г.) — известен своими работами по переменным звездам, шкале внегалактических расстояний и особенно работами о строении Галактики и Метагалактики. На русский язык были переведены его книги «От атомов до млечных путей» (1934) и «Галактики» (1947). Астрономам хорошо известны также составленный Шепли совместно с Аделандой Эймз (1934) каталог ярких галактик и вышедшая в 1957 г. на английском языке монография Шепли «Внутренняя Метагалактика».

Данная книга Шепли, как он сам подчеркивает в предисловии, написана не для астрономов или специалистов других отраслей науки: она рассчитана на рядового читателя, отличается широтой охвата проблемы, доступностью изложения и хорошим, живым языком. Для облегчения понимания книги нам, может быть, следует лишь обратить внимание на некоторые особенности изложения и терминологии автора.

1. Со словом «космография» у нашего читателя обычно ассоциируется предмет преподавания дореволюционной школы, включавший определенный минимум знаний

по астрономии. Шепли употребляет этот термин в значительно более широком смысле, исходя из буквального значения слова (космография — описание космоса, описание Вселенной). Вкладываемый автором в этот термин смысл приблизительно совпадает со значением термина «космология» в нашей литературе.

2. Под «космосом» часто понимают окружающую нас часть Вселенной. В зависимости от контекста это может быть и непосредственное соседство Земли, и часть солнечной системы, и вся наша Галактика, и область, включающая миллиарды галактик. Но под «космосом» понимают также всю бесконечную Вселенную. У Шепли «Космос» (с большой буквы) обычно имеет это последнее значение, но только он, по-видимому, склонен считать Вселенную пространственно конечной. Подсчеты числа звезд и элементарных частиц во Вселенной (стр. 81 и др.) связаны именно с таким представлением.

Вплоть до 1920 г. Шепли вместе со многими своими коллегами готов был считать, что наша Галактика («звездная Вселенная») — это и есть вся Вселенная. Вскоре стало ясно, что Галактика, несмотря на всю фантастическую для нас грандиозность ее размеров, — лишь крохотная частица в системе из миллиардов галактик, которую сам же Шепли предложил назвать Метагалактикой. Казалось бы, этот опыт (в который раз!) должен был побудить любого астронома задуматься о том, насколько логически некорректно полагать, что обозреваемая нами часть Вселенной и есть вся Вселенная (или хотя бы десятая, сотая или миллиардная ее часть). Но надежды «дойти до границ» Вселенной не были оставлены и на этот раз. В частности, Шепли считает, что понятие Метагалактики «практически... идентично с понятием всей материальной Вселенной» («Галактики», стр. 16; «The Inner Metagalaxy», p. VII).

Поэтому, когда Шепли говорит, что имеется по крайней мере сто миллионов обитаемых планет, вероятнее же, что их имеется сто триллионов, то надо добавить: «в обозреваемой (или близкой к ней по размерам) части Метагалактики». Во всей бесконечной Вселенной их бесконечно много. (Расчет строится на том, что на каждый триллион звезд есть по крайней мере одна такая, кото-

рая имеет планеты с подходящими для возникновения и развития жизни условиями; но одна триллионная часть от бесконечности есть тоже бесконечность.)

3. Шепли исходит из концепции расширяющейся Вселенной (включая представление о «первичном сверхатоме» Леметра), т. е. из того, что «было некое реальное начало населенной звездами и пылью Метагалактики» — взрывное начало ее расширения. Однако нетрудно видеть, что, во-первых, Шепли, в отличие от многих других западных ученых, отнюдь не абсолютизирует эту гипотезу; во-вторых, и это наиболее существенно для нас сейчас, его основной вывод о множественности обитаемых миров, в сущности, никак не зависит от признания или отклонения этой гипотезы.

Непосредственно с гипотезой расширяющейся Вселенной связана только космогоническая гипотеза Шепли — его представление о происхождении Земли и планет. Но сам же Шепли указывает, что эта гипотеза — только одна из многих возможных, и что «каковы бы ни были пути возникновения планет, а их, несомненно, было несколько, планеты могут рассматриваться как явление, типичное для звезд».

4. Шепли — убежденный сторонник естественнонаучного, стихийного материализма. Довольно отчетливо в его взглядах проявляется также стихийная диалектика.

Он неоднократно подчеркивает, что для зарождения и развития жизни не требуется вмешательства сверхъестественных сил. Жизнь он рассматривает как естественный, биохимический процесс самовоспроизведения макромолекул. Опираясь на исследования советского ученого акад. А. И. Опарина, экспериментальные работы С. Миллера, Ф. Абельсона и др. по синтезу органических соединений, автор показывает, что жизнь должна возникнуть и развиваться везде, где для этого есть подходящие физико-химические условия. Указывает он также на то, что именно раскрепощение от религиозных догм открыло для естествознания «пути анализа и перспективы мысли». Но считаясь, видимо, с распространенными среди американского читателя предрассудками, Шепли все же не решается полностью захлопнуть дверь для нематериальных, сверхъестественных сил. Это сказывается, в частности,

в том, что наряду с четырьмя материальными сущностями, которыми он оперирует (пространство, время, материя и энергия), допускается возможность существования некой пятой — несколько мистической, как говорит сам Шепли, — сущности в виде некой «Всемирной динамической характеристики», «Всемогущей воли» или «Сознания». Шепли даже делает туманный намек на то, что читатель при желании может интерпретировать эту «пятую сущность» в качестве бога. Но допущение этой фантастической «сущности» практически никак не связано с построениями и выводами Шепли и служит, по существу, «декоративным» элементом книги.

Приятно отметить в заключение, что книга Шепли — «очерк о звездах и судьбах человечества», как он называет ее в одном месте, — проникнута подлинным гуманизмом, стремлением к миру и социальному прогрессу. Книга заканчивается «исповедью оптимизму». Убедительно показав (в противоположность тому, что нередко утверждается в научно-популярной литературе Запада), что никакие космические опасности человеческому роду не угрожают, что серьезной угрозой могут быть только неразумные действия самого человека, Шепли заключает: «Наше пребывание на довольно устойчивой планете в общем весьма приятно, но его можно сделать по-настоящему счастливым».

По широте охвата проблем, убедительности и доступности изложения лежащая перед нами книга, вероятно, должна быть отнесена к числу лучших образцов современной научно-популярной литературы. Она может быть рекомендована самому широкому кругу наших читателей.

Г. Наан

Сентябрь 1961 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Эта книга написана не для астрономов или специалистов других наук. Поэтому в ней мало ссылок на литературу и практически, за исключением некоторых мест в главах 5, 6 и 9, не используется специальная терминология. Когда я говорю «космические факты», то прошу читателя не понимать слово «факты» слишком буквально: то, что сегодня считается твердо установленным фактом, завтра может потребовать дальнейшего уточнения. Случаи повторения тех или иных доводов в нескольких главах — не оплошность; это сделано для того, чтобы подчеркнуть те положения, на которые следует обратить особое внимание.

Я хотел бы выразить благодарность миссис Шепли за участие в обсуждении замысла этой книги и в подготовке рукописи.

Если бы этой книге предшествовало посвящение, то прежде всего оно, вероятно, было бы обращено к свету звезд, насекомым, галактикам, а также к ископаемым растениям и животным, так как именно они вдохновили автора написать эту книгу.

Харлоу Шепли

Введение

Основной задачей этой книги является построение некой разумной и устойчивой системы, которая включала бы в себя человека и Вселенную. За последние годы немало старых систем было отвергнуто. Целесообразно вести дальнейшую работу в этом направлении. В частности, нам предстоит еще отрешиться от значительной доли человеческого тщеславия и множества доводов в пользу антропоцентризма. Но мы в свою очередь должны быть готовы к тому, что в недалеком будущем и возведенное нами здание может потребовать обновления. По необходимости мы работаем в наше время и для нашего времени. Поэтому нам приходится оперировать теми понятиями, которые уже имеются в нашем распоряжении или могут быть логически выведены из имеющегося запаса.

Иными словами, задача этой небольшой книги — изложить некоторые сведения и идеи, как новые, так и старые, о месте человечества в мире физическом и мире ощущений. Это своего рода попытка человека сориентироваться во Вселенной, включающая в себе и некролог антропоцентризму.

Обзор относящихся к нашей проблеме сведений, открытых пытливым человеческим умом, естественно ведет к умозрительным построениям, к мечтательности, идущей вслед за изумлением, к нащупыванию путей как в объективной, так и в интроспективной (субъективистской. — *Ред.*) философии. Однако в основном я буду излагать только факты и постараюсь раскрыть их значение, а читатель может использовать эти данные для того, чтобы лучше осознать свое положение в материальном, а,

возможно, также и в нематериальном мире. Это будет своего рода сотрудничество — писателя и читателя, докладчика и оппонента.

Например, я буду придавать особое значение непрерывности длинного ряда последовательности живых организмов: от неорганических молекул через сложные органические молекулярные соединения к простейшим растениям и животным, затем через мириады более сложных форм жизни к человеку на его современном уровне развития — эволюции на протяжении свыше миллиарда лет. Я буду подчеркивать эту непрерывность; читатель же, если пожелает, может указать, где, как ему кажется, в поток жизни влился «дух». Я опишу расширяющуюся Вселенную галактик; другим же я предоставляю возможность предположить, каким образом и почему началось это расширение.

В этом очерке о звездах и судьбах человечества мы поставили перед собой серьезную задачу. Слово «судьба» звучит несколько зловеще, а космические факты часто смущают и тяготят нас. Чтобы отсрочить возможное разочарование в той роли, которую мы играем в звездной Вселенной, мы уклонимся на время от этого вопроса и сначала подчеркнем положительные стороны нашей жизни под звездами. Мы можем начать этот очерк в оптимистическом тоне, так как у нас позднее будет и время, и необходимость для более пессимистического взгляда на вещи.

Этот мир хорош для большинства из нас. Природа в меру милостива, а доброжелательность является общечеловеческой чертой. Нас окружают красота, приятная симметрия, взаимопомощь, законность, прогресс — все те качества, которые, может быть, безразличны человеку как представителю животного мира, но нравятся ему как существу разумному. Когда нас не гнетут голод, холод, унижения, мы склонны к довольству, а иногда к беспечности.

Но с тем, что будет изложено далее, лучше гармонизирует не беззаботный и несколько уклончивый взгляд на наше положение и обязанности, а запытая с самого начала позиция зрелого исследования, т. е. честного и досконального изучения космических фактов. Пусть малень-

кий, но величественный человек окажется лицом к лицу с грандиозной и величественной Вселенной.

Наш первый шаг состоит в том, чтобы ответить кратко на вопрос: что такое Космос?

Четыре (или больше) основные сущности

Ученые, которые работают в области космографии, а также некоторые философы, занимающиеся космологией, очень скоро приходят к выводу, что физическая Вселенная состоит из четырех основных сущностей. Иногда говорят, что она достаточно полно описывается посредством этих сущностей или же что Вселенная при ее познании проявляет себя в этих сущностях. Эти сущности могут быть выделены и до некоторой степени обособлены друг от друга. Возможно, этих сущностей больше, чем четыре. Но простоты ради попробуем описать весь физический, а возможно, и биологический мир посредством этих четырех сущностей. Это — пространство, время, материя и энергия. Различают также многие квази-сущности, такие, как движение, скорость, обмен веществ, энтропия, творение. Но все они — только производные или комбинации четырех упомянутых выше основных сущностей.

Но, может быть, имеются и другие сущности, еще не обнаруженные или не выделенные среди других, возможно, даже гораздо большей значимости? Другими словами, нет ли еще хотя бы одного свойства материального мира, которое было бы существенно для приведения Вселенной в движение? Что-нибудь вроде движения в абстрактном смысле этого слова? Можно сформулировать вопрос и иначе. Если бы вы располагали четырьмя основными сущностями и обладали полнотой власти и желанием, могли бы вы построить такую же Вселенную, как та, которая существует, только из времени, материи, пространства и энергии? Или вам потребовалась бы какая-то пятая сущность — свойство или действие?

Мы, кажется, слишком задержались на этом вопросе, но в дальнейшем мы неоднократно будем обращаться к этой несколько мистической пятой сущности. Едва ли можно сомневаться в том, что она существует. Будет ли

эта сущность главной и, может быть, более основной, чем пространство или материя, или охватит обе эти сущности, или же она совершенно отлична от четырех сущностей, упомянутых выше¹? Нужна ли она для того, чтобы во Вселенной, состоящей из звезд, организмов и законов природы, все стало на место и заработало подобно слаженному механизму?

Некоторые читатели, может быть, думают о слове и понятии «бог», но нам не хотелось бы делать поспешные выводы в столь серьезном и трудном вопросе. Не будем расходовать это важное и всеобъемлющее понятие только на часть Вселенной или на то, что уже постигнуто нашими предшественниками. Работая в области космографии², мы испытываем танталовы муки при мысли, что мир может обладать скрытыми от нас свойствами, среди которых, возможно, есть некая всемирная динамическая характеристика. Мы могли бы назвать ее Направлением, Формой, Силой, Всемогущей Волей или «Сознанием». Но в любом случае это должно быть понятие, соответствующее космическим масштабам. Никакое понятие, относящееся только к человеку или связанное только с Землей, не имеет права на место в космографии.

Что? Как? Почему?

Выше мы уже несколько раз говорили об ограниченности наших знаний о мире. Поразительно, как мало мы знаем по сравнению с тем, что находится в пределах достигаемого. И как мала, вероятно, эта достигаемая часть по сравнению с той, которая находится за ее пределами! Суеверия и приверженность к догмам долго держали нас на уровне, непамяного возвышающемся над самыми примитивными представлениями о Вселенной. Подумайте только, насколько дальше мы могли бы продвинуться

¹ При желании мы могли бы соединить эти четыре сущности попарно: пространство — время и материя — энергия, а затем искать некую третью основную сущность вместо пятой.

² Можно сказать, что космография для Космоса является тем же, чем география для Земли.

вперед, если бы мы не были скованы различными религиозными, социальными и национальными предрассудками. Какого интеллектуального прогресса мы могли бы достичь к настоящему времени, если бы, например, мы больше заботились не о материальных благах, а о человеческом сознании. Со временем мы, вероятно, будем лучше подготовлены, чем теперь, для ответа на три основных вопроса:

Что такое Вселенная?

Как она устроена?

Почему Вселенная существует?

Первый вопрос представляется самым простым, и мы можем дать на него бойкий, хотя и неполный ответ, пробормотав что-то о материи, тяготении, времени и протоплазме. Отвечая на второй вопрос, мы отваживаемся говорить о законах природы, о «тепловой смерти» и разбегании галактик. Однако в ответ на вопрос: «Почему Вселенная существует?» — мы можем лишь воскликнуть: «Один бог знает!» И по-видимому, это и есть «предельная» информация. Будучи в какой-то мере неисправимыми, мы задаем себе вопрос, почему это так и почему мы должны согласиться с тем, что глубоко таинственные на сегодняшний день явления навсегда останутся загадкой. Многие из того, что ставило в тупик наших предков, нам теперь представляется рациональным и объяснимым явлением или процессом. Элемент мистики испарился. Итак, если мы будем продолжать усиленно работать, ясно и глубоко мыслить, то не сможем ли мы в конце концов решить некоторые из главных загадок Вселенной? Философы, вероятно, ответили бы отрицательно, но я оставляю вопрос открытым.

Порядок обсуждения

Чтобы не слишком растягивать нашу дискуссию, я предлагаю ограничить ее несколькими этапами и в ходе обсуждения привести наш образ мысли и действия в соответствие с тем, что я называю «космическими фактами». (Вероятно, мне следовало бы пользоваться словом «данные», поскольку оно звучит не столь категориче-

ски, как слово «факты».) План нашей дискуссии сводится к следующему:

1. Исследование необходимости заново обсудить вопрос о месте и роли человека в Космосе. Достаточно ли вески доводы, чтобы мы сейчас нарушили наш душевный покой только ради того, чтобы прислушаться к голосу науки? Ответ, несомненно, будет утвердительным. Мы должны ясно представлять себе новые задачи и наши возможности.

2. Определение места Земли (и человечества) в физической Вселенной, которое мы выводим из показаний наших органов чувств и логическим путем. Исследования базируются на четырех основных сущностях, так как мы ищем наше место не только в пространстве, но и во времени, материи, энергии. Занимает ли человек какое-то командное положение, спрашиваем мы, марширует ли он в общей шеренге или же плетется в арьергарде, покорный судьбе и забытый звездами, отпрыском которых он является? Мы покажем, что в физическом мире место человека точно определено и что в некотором смысле он не так уж ничтожен.

3. Проблемы, связанные с происхождением Земли и с числом и распределением планет, на которых существует жизнь.

4. Вопрос о природе и распределении живых организмов, обладающих раздражимостью. Местное ли это явление, развившееся при особых обстоятельствах на (или вблизи) поверхности одной нашей планеты, или оно широко распространено? (Подробности о происхождении и значении жизни еще не настолько ясны, чтобы мы могли чувствовать себя в этом вопросе уверенно, но, разумеется, мы знаем, что существуют еще более сложные проблемы.)

5. Четвертое приспособление связанного с Землей человека к эволюции представлений о Космосе. От своего первобытного эгоцентризма, обусловленного враждебным ему окружением, человек дошел до представления о Вселенной, согласующегося с астрономическими и биологическими данными. Идея о враждебности сил природы перестала быть плодотворной.

6. «Родовая память» и органы чувств как орудия познания, пригодные для космографических исследований.

7. И наконец, некоторые предположения о будущем человека как господствующего на Земле животного. Этот вопрос — плодотворное поле для догадок, надежд и разочарований, для удовлетворенности и сомнений. Мы приходим к мысли о возможности выживания человеческого рода и к мысли о целях человечества и к вытекающим отсюда философским позициям.

Резюмируя, можно сказать, что мы изложили цель и план дискуссии о месте человека в мире, насколько об этом можно судить на основе современных достижений — главным образом успехов науки. Мы назвали четыре основные сущности материального мира и наметили путь для изучения структуры и значения жизни. Готовясь к такому исследованию, мы набросали перед читателем что-то вроде эскиза космического замка; на последующих страницах мы должны его дополнить некоторыми деталями. Конечно, мы не закончим нашего строительства. Я не могу даже сказать, закладываем ли мы фундамент или кроем крышу. Вероятнее всего (и это самое большее, на что мы можем рассчитывать), мы строим какое-то вспомогательное помещение перед возведением самого здания.

Как можно было бы назвать то, чем мы сейчас займемся? Это не будет научным анализом в обычном смысле слова. Можно ли назвать это метафизикой, религией, блужданием в потемках, покорностью судьбе, надеждой? Предварительно назовем это «приспособлением к окружающему миру через понимание».

„Новые меха для нового вина“

Начнем со следующего: имеются ли в настоящее время основания для пересмотра взгляда на человечество как на уникальное явление в мире? Мы сразу же ответим: «Да!» Утвердительно ответят и ученый, обогащенный знаниями новейших достижений, и озадаченный рядовой читатель и даже, может быть, кое-кто из философов. Простейший довод в пользу такой переоценки наших представлений состоит в том, что сравнительно недавно Солнце, Земля и другие планеты были «смещены» с центрального или, во всяком случае, значительного положения в звездной Вселенной и переведены в положение рядового зрителя в ничем не примечательном месте — слабой спиральной ветви обычной галактики.

Этот довод прост, но очень важен, поскольку, как известно, он привел к отказу от более ранних геоцентрических или гелиоцентрических теорий строения Вселенной. В результате этого мы сделали большой шаг вперед в познании истинного строения Космоса. И этот процесс познания необратим. Мы должны привыкнуть к факту, что находимся на периферии и движемся вместе с нашей звездой — Солнцем — во внешней части Галактики, которая является одной из многих галактик, содержащих миллиарды звезд.

Я не могу сказать, обладаем ли мы каким-то величием в смысле нашего положения в пространстве или во времени. Думаю, что наша слава в чем-то ином. Не следует ли так же откровенно поставить под сомнение тщеславную и надоевшую догму, согласно которой человек почему-то является чем-то особым, чем-то недостижимым? Может

быть, он и недостижим. Я надеюсь, что он таков. Но, конечно, не в смысле своего положения в пространстве или во времени и не из-за его энергии или химического состава. Если говорить о четырех основных материальных сущностях — пространстве, времени, материи и энергии, то здесь он ничем не замечателен. Не уникальны и не заслуживают того, чтобы ими хвастать, ни его размеры, ни деятельность, ни химический состав, ни эпоха, в которую он живет. Конечно, человек — сложное и интересное явление, но не стоит по этому поводу умиляться или углубляться в самоанализ. Поскольку наши иллюзии об особом назначении человека уже рассеяны, мы окажемся в лучшем положении, если будем говорить о человеческом разуме и оценивать его мощь, его значимость и его эффективность в понимании космических процессов.

Эгоцентризм и склонность к антропоморфизму долгое время господствовали в наших представлениях и мешали делать верные выводы. Возможно, это неизбежно. Мы — люди и не можем быть совершенно объективны. Мы вынуждены познавать мир посредством наших органов чувств. Нам нелегко рассматривать жуков, протоны или кометы с «космической» точки зрения. Однако нельзя не признать, что субъективный подход к вопросу, т. е. мышление и действие всегда с личной или даже с общечеловеческой точки зрения, очень ограничен и чреват опасностями. Объективность — вот единственное средство, при помощи которого можно нарисовать верную и удовлетворяющую нас картину мира и четко определить наше положение в нем.

Считать доказанным непревзойденность человека как биологического вида, предполагать, что жизнь в целом и человеческая жизнь в частности — явление особой важности для Вселенной, настаивать на том, что данная геологическая эпоха чем-то необычайно значительна в ходе времени — все эти легковесные утверждения следует поставить под сомнение. Чтобы правильно оценить положение человека во Вселенной и в какой-то степени умерить наш «инстинктивный» эгоцентризм, нам, вероятно, придется особо подчеркнуть роль галактик и звезд — этих «холодных огней, которые, однако, еще способны выжечь клеймо ничтожества на людях».

Однако наша незначительность в материальном мире не оскорбительна. Разве нас унижает, что мы не летаем, как воробьи, что мы меньше бегемотов, что собаки обладают более острым слухом, а насекомые — более тонким обонянием? Мы легко миримся со всеми этими свидетельствами наших меньших способностей и сохраняем при этом чувство собственного достоинства. Мы без труда примирились бы со звездами и с космическими фактами. Вселенная настолько грандиозна, что в ней почетно играть даже скромную роль.

Многие выдающиеся люди прошлого бесстрастно говорили о хрупком человеке, обороняющемся от холода Вселенной. Некоторые были в полном отчаянии. Другие пришли к убеждению, что мыслящего человека обошли ролью в космической драме, так как, хотя он обладает способностью мыслить и действовать, он безнадежно привязан к Земле, живет недолго и находится во власти как животных инстинктов, приобретенных им еще при жизни в первобытных лесах, так и догм, унаследованных от предков.

Хотя некоторые исследователи продолжают надеяться, что ограниченный разум человека в состоянии овладеть все новыми и новыми тайнами Вселенной, многие мыслители (а может быть, большинство из них) рано или поздно отступились от этих проблем и утешились религиозными догмами.

Но, располагая новыми имеющими фундаментальное значение данными о природе Вселенной, мы усматриваем множество доводов в пользу того, что люди новейшего времени могут и должны объяснять мир более обстоятельно и разумно, чем это делали Моисей, Лукреций, Спиноза, Локк или Паскаль, чьи космологические теории были геоцентрическими или гелиоцентрическими и ограниченными. Мы обладаем глубокими знаниями и множеством сведений, недоступных философам прошлых веков. Мы накопили очень много достоверных фактических данных. И вот что следует помнить: если нам суждено остаться цивилизованными — возврата к прошлому нет. Впредь мы должны жить, считаясь с нашими научными достижениями. Ни скептицизм в отношении некоторых частных вопросов, ни огульный отказ от наблюдений, ни извращение

последних научных открытий не могут остановить интеллектуальный прогресс. Как бы ни было сильно желание, мы не можем оживить дороге сердцу мертвые гипотезы — они умерли навсегда.

Краткое отступление к арифметике

Макрокосмос столь велик, а элементарные частицы в микрокосмосе столь малы, что сравнивать их размеры, как это будет видно из таблицы классификации материальных систем, очень трудно. Чтобы записать наши оценки числа фундаментальных частиц в пространственно-временной Вселенной, потребовалось бы число, содержащее восемьдесят или девяносто цифр. Такое число трудно написать, а понять его математический смысл просто невозможно. Галактика в миллион миллионов миллионов миллионов раз больше по размерам, чем амeba, а амeba — гигант в сравнении с электроном. С аналогичными громоздкими соотношениями нам предстоит также иметь дело, когда речь пойдет о времени. Например, период вращения спиральной галактики превышает период колебаний молекулы аммиака больше чем в десять миллионов миллиардов миллиардов раз. Настоятельно необходим более простой способ записи этих огромных чисел.

Чтобы избежать неуклюжего способа счисления, примеры которого были указаны выше, обратимся за помощью к арифметике степеней, выражая большие и малые числа в виде степеней числа 10. Это очень просто и удобно. Десять во второй степени, т. е. 10^2 , есть сто, тысяча — 10^3 , одна тысячная — 10^{-3} , миллион — 10^6 , одна миллионная — 10^{-6} , триллион — 10^{12} и т. д. Число атомов водорода в 1 грамме составляет $6 \cdot 10^{23}$, т. е. выражается цифрой 6 с 23 нулями. Примерный возраст земной коры равен $5 \cdot 10^9$, т. е. пять миллиардов лет; скорость света равна $3 \cdot 10^{10}$ см/сек, средняя плотность вещества в метagalактическом пространстве составляет 10^{-29} г/см³. Число 10^{-29} гораздо короче и изящнее, чем

$$\begin{array}{c} 1 \\ \hline 100 \dots\dots\dots 0 \\ \underbrace{\hspace{1.5cm}} \\ 29 \text{ нулей} \end{array}$$

Чтобы перемножить такие большие числа, нужно лишь сложить показатели степеней: $10^{14} \times 10^{12} = 10^{26}$. Если при числах имеются коэффициенты, то они просто перемножаются: $2 \cdot 10^7 \times 3,1 \cdot 10^7 = 6,2 \cdot 10^{14}$, что равно числу секунд в двадцати миллионах лет. Чтобы произвести деление, мы вычитаем показатели степеней: $10^{16} : 10^2 = 10^{14}$. Операция сложения очевидна, хотя ею пользуются нечасто: $2,4 \cdot 10^7 + 1,5 \cdot 10^6 = 2,55 \cdot 10^7$.

Предварительный перечень основных положений

Прогресс знаний в царстве науки (науки в широком смысле слова) и постепенное раскрепощение от религиозных догм открыли перед нами пути анализа и проспекты мысли, которые (если бы они были известны ранее) в значительной мере изменили бы теории космогонистов прошлого и, конечно, повлияли бы на их представления о первопричинах. Новые открытия, касающиеся проблем жизни, материи и пространства, относятся главным образом к философии. Их можно обстоятельно и убедительно изложить. Но здесь, вероятно, достаточно указать, не уточняя деталей, на несколько фундаментальных открытий. Их можно было бы назвать открытиями, устраняющими субъективизм. Большинство их будет рассмотрено подробнее в последующих главах.

1. Естественно, я начинаю со звезд и отмечаю, что их число в настоящее время в рамках научных представлений составляет не 5 или 6 тысяч видимых невооруженным глазом объектов, наблюдавшихся в Древней Индии и Греции, и не миллион звезд, обнаруживаемых небольшими телескопами в эпоху Галилея и Ньютона, и даже не несколько миллиардов, как считали лет тридцать назад. Число звезд в обзорах сегодняшнего дня больше 10^{20} , т. е. ста тысяч миллионов миллиардов, и каждая звезда излучает энергию для жизни на планетах, сопровождающих эти звезды в их странствии через глубины пространства и эры времени. Для определения места и роли человека в материальной Вселенной значение такого громадного числа звезд очевидно.

2. Возникновение жизни перестало быть глубокой тайной. Вмешательства сверхъестественных сил в биохими-

ческие процессы, которые мы именуем жизнью, не требуется. Вполне достаточно естественных явлений, большинство из которых уже известно. Через пропасть между живым и неживым мы перекинули мост, пусть даже непрочный. Микробиолог, идущий от клетки к неодушевленной природе, и химик, идущий от атома к живой клетке, работают практически на стыке. Однако в этой работе еще многое не доделано. Закончен только настил моста, а подходы к мосту и укрепление всей конструкции требуют еще значительной работы. Ученым, исследующим преобразование неживого в живое, т. е. химику и биологу, оказывают помощь и геолог, анализирующий окаменелости, и астроном, обнаруживающий доказательства длительности докембрийской эпохи, и математик, который показывает, что если период времени очень велик, а вещества имеются в изобилии, то может случиться даже самое невероятное, в том числе столь, казалось бы, невозможное событие, как «случайный» синтез аминокислот. В исследование вовлекаются новые процессы, новые факты, новые выводы. Это положение развивается подробнее в главе 9.

3. Установление кратковременности нашей психозойской эры¹ в истории эволюции земных биологических форм и сознание периферического положения Земли в нашей Галактике имеют теперь (или скоро будут иметь) одно очень важное следствие, а именно, что эготизм (самомнение) мыслящего человека настолько поддается контролю (или скоро будет контролироваться), что человек сможет смотреть на мир в целом более объективно, чем до сих пор. У него не будет ни необходимости, ни права оставаться привязанным только к Земле.

4. Вероятность обилия во Вселенной высокоразвитых форм жизни, в том числе существ, обладающих нервной системой, показывает, что мы должны считать как себя, так и окружающую нас флору и фауну всего лишь одним из комплексов биологического развития, по всей вероятности, не наивысшей формой, что бы ни означало понятие «наивысший». Потому что жизнь (мы позднее это аргументируем) неизбежно возникает и развивается везде,

¹ Интервал времени, рассматриваемый позднее в связи с эволюцией человека; эквивалент периода плейстоцена.

где для этого имеются подходящие химические, геологические и климатические условия.

5. Вероятность существования ощущений и органов чувств, неизвестных сейчас человеку, высока. Их существование настолько же логично, насколько и априорно; его нельзя ни доказать, ни опровергнуть. Их значение для творческой фантазии очевидно, так как мы уже частично освободились от нашего «комплекса превосходства». Многие свойства объективной реальности могут быть за пределами восприятия жителя Земли просто потому, что «оснащенность» человека органами чувств ограничена. Эту мысль следует обсудить очень внимательно.

6. Открытие возможности использовать для исследований спектр электромагнитного излучения, энергия которого заключена не только в одной октаве (от фиолетового до красного света), а распределена более чем на пятьдесят октав, расширило наше знакомство с миром атома и подчеркнуло богатство и космическую значимость невидимого.

Приведенные шесть положений, полезных человеку в его поисках своего места в мире, получены недавно в результате настойчивого изучения Вселенной. Хотя некоторые из этих положений были подготовлены более ранними открытиями, а некоторые уже давно интуитивно предчувствовались, все они достигли полного развития после построения основных философских систем.

В заключение можно сказать, что открытие простора Вселенной, в которой возможна жизнь, растущая уверенность в том, что живые организмы могут возникать и эволюционировать без помощи сверхъестественных сил, а также развиваемые сейчас новые идеи служат достаточным основанием для пересмотра вопроса о месте и роли человека в Космосе.

О существовании случайного

Основываясь на доводах, приведенных выше, мы считаем уместным предпринять дальнейшее изучение реакций человечества на данные наблюдений и идеи, появившиеся в результате новейших достижений науки. В качестве первого шага, приближающего нас к ответу на основные вопросы о Вселенной, т. е. вопросы «Что? Как? и Почему?», рассмотрим кратко, чем занимается космография. Наряду с другими задачами космография как наука пытается разрешить наиболее интригующую загадку — вопрос о местоположении человека в мире пространства, атомов и света. Может случиться так, что в результате наших усилий мы получим не окончательное решение вопроса, а лишь приближенное представление о месте человека в Космосе. Побочным продуктом нашего исследования будут вопросы, оставшиеся без ответа.

С другой стороны, мы можем сказать, что космография в широком смысле слова — это область исследований, которая относится к Космосу так же, как география — к Земле¹. Такая формулировка требует предварительного определения понятия «Космос», что не легко сделать. Далее мы увидим, что под словом Космос подразумевается нечто большее, нежели физическая Вселенная. Тем не менее, даже не будучи четко определенной, космография остается наукой — наукой, отличной от других. Если вре-

¹ Космогония и космология — родственные слова; их часто смешивают с космографией, и они не имеют четкого определения даже в языкознании. Однако первая обычно претендует на понимание процесса возникновения небесных тел, а вторую, как правило, считают наукой об общих законах Вселенной.

менами она слегка напоминает научную философию или даже некую форму религиозного учения, что ж — тем лучше. Ни для религии, ни для философии не будет потерей, если они будут тесно связаны с атомами, звездами и перемещающимися ощупью простейшими одноклеточными организмами¹.

Будем стремиться к тому, чтобы по крайней мере вначале наше исследование Космоса носило описательный характер. Хотя космография в нашем изложении является простой наукой, она требует солидного умственного напряжения даже от искушенного исследователя и может оказаться не под силу человеку случайному и непосвященному.

Какое бы еще значение мы ни придавали жизни, очень скоро выясняется, что изучение живых существ чрезвычайно важно для космографии. Выдающимся примером может служить непосредственная связь хлорофилла с возрастом и строением Солнца и звезд. Это — удивительное проявление связи сложного химического процесса — фотосинтеза — с внутренним строением звездных тел. Простейшие растения архейской эры — зеленые водоросли — овладели процессом фотосинтеза свыше миллиарда лет назад, а сложный лиственный покров растений позднего каменноугольного периода свидетельствует о том, что интенсивность солнечного излучения с того времени и до наших дней почти не изменилась. Палеозойские лиственные растения также указывают, что триста миллионов лет назад излучение Солнца если и отличалось от того, которое мы наблюдаем теперь, то незначительно. Таким образом, о неторопливой эволюции звезд (по крайней мере одной звезды — Солнца) нам сообщают папоротники каменноугольного периода. Медленность эволюции доказана, но чем она объясняется? Что служит источником энергии Солнца, излучающего в пространство с мощностью, соответствующей потере свыше четырех миллионов тонн массы в секунду, на протяжении миллиардов лет?

¹ Понятие «перемещающиеся ощупью» пуждается в некотором уточнении. Простейшие — не единственные живые существа, перемещающиеся ощупью.

К сожалению, в этой книге мы не можем подробно описать все процессы. Скажем только, что для снабжения энергией как первобытных водорослей и древовидных папоротников палеозойской эры, так и современных растений и для обеспечения жизнедеятельности животных (в том числе и нас), питающихся растениями, на Солнце водород превращается в гелий + излучение; при этом вырабатывается большое количество энергии. К счастью для нас, энергия излучения испускается саморегулирующейся силовой установкой.

На этом примере очень хорошо видна взаимосвязь различных наук. Геология, геохимия, радиохимия, атомная физика и астрономия объединенными усилиями доказывают, что вещество может выделять огромное количество энергии. Окаменевшие растения (и животные), которые изучаются палеонтологией, указывают на постоянство потока солнечного тепла, а из этого факта при помощи теоретической физики и астрофизики мы узнаём многое о внутреннем строении звезд.

Существуют и другие примеры связи неодушевленной Вселенной с биологией. Наблюдая бег муравьев, мы можем измерить поток энергии, который так же тесно связан с температурой, как и поток энергии, исходящий из недр далеких звезд. Чтобы узнать, каким был климат нашей планеты в раннюю эпоху ее существования, мы должны воспользоваться методами и результатами доброго десятка различных наук; некоторые из них относятся к биологии, другие — к физике. Если мы видим, что многие законы природы справедливы для биологических клеток и химических молекул и если (как будет показано далее) мы согласны с тем, что вероятность существования миллионов планет с высокоразвитыми организмами очень велика, мы неизбежно приходим к выводу, что мир жизни следует рассматривать как часть программы космографических исследований.

Космография — в полном смысле этого слова — охватывает обширный круг сложных вопросов. Это слишком всеобъемлющая тема, чтобы ее можно было доскопально изложить в небольшой книге. Однако ее, по-видимому, можно с успехом использовать для ориентировки человека во Вселенной. В этой главе мы попытаемся дать схема-

тический обзор материальной Вселенной, прежде всего обращая внимание на основные сущности и на то, до какой степени они способствуют точному определению места жителя Земли в этой всеобъемлющей системе.

Число и возможности наших органов чувств резко ограничены, а наш опыт в познании Космоса охватывает всего несколько тысячелетий, т. е. едва ли больше десятка обращений самой внешней планеты солнечной системы — Плутона. Слишком многого от нас ожидать нельзя. В исследовании Космоса мы новички. Наши достижения кажутся довольно значительными, когда речь идет о прошлом. Но не заглянули ли мы пока лишь краем глаза на первую страничку Космического Писания?

С тех позиций, на которых мы стоим сейчас в познании мира, нам представляется, что основные сущности материального мира, как было установлено в главе 1, — это простые «качества»: *пространство, время, материя и энергия*. Заметим, что из этих четырех сущностей материя¹ и энергия являются двумя формами одного и того же свойства, поскольку они связаны между собой самым популярным уравнением нашей эпохи (после $2 \times 2 = 4$), а именно $E = Mc^2$. Согласно этому уравнению, связь массы M и энергии осуществляется с помощью самой фундаментальной из естественных единиц — скорости света c . Согласно теории относительности, пространство и время также объединены в одно целое «пространство — время». Однако на практике мы будем игнорировать эти постулаты эквивалентности, которые группируют наши сущности парно, и рассмотрим каждую сущность в отдельности. Но прежде всего скажем несколько слов о простейших способах взаимопонимания людей.

В западноевропейской и американской литературе обычно не делается различия между материей, веществом и массой. Это смешение понятий допускает в ряде мест и автор. В частности, в данном предложении он истолковывает уравнение Эйнштейна как уравнение, связывающее *материю* и энергию, а буквально в следующем предложении — как уравнение, выражающее связь между *массой* и энергией. Второе правильно, первое — нет. «Однопорядковое» с материей общее понятие есть движение (в философском смысле); масса и энергия — понятия более частные. — *Прим. ред.*

Четыре элементарные азбуки

История свидетельствует, что культуры прошлого на протяжении нескольких тысячелетий опирались в значительной степени на самые простые средства общения. Эти средства мы назовем «азбукой», расширяя значение последнего слова, поскольку в данном случае оно означает больше, чем просто алфавит. Без азбуки мы не могли бы ни задавать вопросы, ни отвечать на них, мы не могли бы также осуществить связь настоящего с будущим. С изобретением или появлением азбуки люди стали лучше координировать свои знания и идеи, а также постигли многие загадки окружающего их сложного мира. Азбука помогла умерить кажущийся хаос и заложить основы для объединения людей на базе общности цивилизации отдельных лиц и групп. Азбука также дала возможность людям развивать свою культуру и строить устойчивые общества.

Первобытное хрюканье, визжание и жестикуляция, посредством которых общались люди в «джунглях», недолго удовлетворяли примата с его развивающимся интеллектом. У него не было чудесных «антенн», как у муравьев, с помощью которых они могут общаться со своими собратьями и которыми они пользуются при строительстве своих сложных сообществ. Человек, если он намеревался выжить и дорасти до понимания явлений космического масштаба, должен был изобрести символы и научиться использовать их для общения с себе подобными. При этом он должен был достичь больших результатов, чем другие животные или его собственные лесные предки. Для действительного общения он должен был связать эти символы с определенными звуками и мыслями. Ему были необходимы (и он много раз создавал их) таблицы символов, которые помогали бы ему в социальном общении. Короче говоря, чтобы построить свои поселения, колонии, а в конечном итоге свои межколонийные культуры, человеку было необходимо изобрести и ввести в употребление письменность, чтение и арифметику.

Несколько тысяч лет назад начали появляться элементарные азбуки. Они возникли в виде А, Б, В... и 1, 2, 3... Из букв можно было складывать слова для воспроизведения мыслей, и в различных изолированных сообществах

людей слова стали стандартизироваться. Из слов строились фразы, фразы превращались в предложения, у людей с высокоразвитой культурой предложения объединялись в главы, книги, библиотеки.

Азбука чисел служила для простых экономических расчетов и в конце концов привела к созданию современных систем мер и весов, на основе которых сейчас совершаются деловые операции во всем мире. Без этих азбук — букв и чисел — мы в культурном отношении ненамного обогнали бы птиц, пчел и человекообразных обезьян.

Уже давно существуют и две другие элементарные азбуки. Одна связана с сущностью «время», другая — с сущностью «пространство». Это календари дней, недель, месяцев и лет и карты, на которых отражены результаты измерений поверхности Земли, т. е. нанесены земные широты и долготы, позволяющие устанавливать границы городов, округов и стран.

Но эти элементарные азбуки больше не удовлетворяют нас ни при космографических исследованиях, ни при каких-либо других попытках осмыслить мир, сведения о котором чрезвычайно богаты и разнообразны. Эти азбуки еще соответствовали нашим потребностям век назад. Однако по мере накопления знаний появилась необходимость дополнить элементарные азбуки и ввести логические классификации. Были составлены хорошо продуманные небольшие классификационные таблицы, цель которых состоит в том, чтобы помочь овладеть знаниями о звездах, атомах, разнообразии растений, горных пород и т. п. Эти таблицы являются в некотором смысле небольшими специализированными азбуками.

Чтобы помочь себе в дальнейшем исследовании, давайте построим сейчас некую большую всеобъемлющую азбуку для каждой из четырех сущностей: времени, материи, пространства и энергии. С помощью этих таблиц мы преодолеем те трудности, которые неизбежно возникают при обращении с большим количеством фактических данных. К счастью, мы уже располагаем двумя такими таблицами, которые созданы и используются специалистами. Это — периодическая таблица элементов для материи и шкала геологических эпох для времени. Первая относится к материи в ее элементарных формах, послед-

няя — к большим интервалам времени. Однако мы начнем с новой таблицы, которая специально придумана для того, чтобы способствовать нашей ориентировке в пространстве. Но сначала сделаем некоторое отступление.

О задачах космографии

И как ученым, и как мечтателям нам любопытно знать свое место на «плане» Вселенной. Мы интересуемся также общей планировкой, а иногда склонны потолковать и о том, кто составлял этот план. Это очень увлекательное занятие. Размышляя над космическими фактами и строя гипотезы о судьбах человечества, мы стимулируем наше воображение, и это вызывает у нас чувство удовлетворения.

Вопрос о месте человека во Вселенной, — конечно, захватывающая тема, отчасти потому, что человек — несколько неуклюжее и тщеславное животное, но в еще большей степени потому, что (известно это ему или нет) он стремится к звездам. Как бы ни был он жесток в своем «джунглевом» детстве, в период, когда человеческого общества еще не существовало, теперь он инстинктивно ведет себя нравственно, причем не столько потому, что добродетель удовлетворяет его природной потребности быть добрым, но потому, что это хорошая экономическая и социальная политика. Он также довольно понятлив. Более того, сделаем несколько преждевременное заявление, сказав, что человек теперь знает, что он является одним из главных участников грандиозных эволюционных «гонок». Он продвигается большей частью весело в одной компании с вибрирующими атомами, излучающими звездами, сгущающимися туманностями, движущимися вслепую простейшими, с вечнозелеными лесами и порхающими в них птицами и бабочками.

В качестве космографов мы можем раскрыть некоторые правила космической игры. Мы приветствуем победителей биологического соревнования, если нам удастся их узнать. Ими являются, например, рыбы и семейство мхов, чью родословную можно проследить на протяжении многих геологических периодов. Мы можем попытаться понять проигравших. Это, в частности, трилобиты раннего палео-

зоя, динозавры, жившие сто миллионов лет назад, и неандертальский человек.

Иногда мы также отваживаемся приближаться к вершинам науки в поисках ответа на вопрос о том, оставим ли мы будущим эпохам нечто большее, нежели осколки наших черепов в окаменелых породах. Естественно, мы гордимся многогранностью мышления и деятельности человека, гордимся нашей поэзией и музыкой. Мы — актеры, участвующие в грандиозном космическом спектакле, где в число исполнителей входят атомы, галактики и нечто неуловимое.

Пророки древнего Израиля иногда восхищались грандиозностью Вселенной, центром которой в ту эпоху, конечно, считался человек. Однако те времена в научном отношении были очень ранними, а хронологически было пройдено, вероятно, две трети пути, если считать от возникновения человеческой культуры до наших дней. Если бы все открытое впоследствии пытливым умом человека вдруг стало известно древним пророкам, они бы все равно ничему не поверили. Мы теперь видим, что они были близоруки. Наше видение, без сомнения, также несовершенно, но мы по крайней мере сознаем, что принимаем участие в игре, гораздо более грандиозной, чем считали в древние времена. В прогнозах будущего, сделанных две или три тысячи лет назад, космическую драму в значительной степени недооценивали. В ту пору благоговение должно было поддерживаться воображением и суевериями. А в настоящее время факты, известные всем, далеко превзошли вымыслы даже недалекого прошлого. Во всяком случае, так оно представляется тем, кто обращает свой взор к атому, биологическим клеткам и звездам. Теперь для благоговения не требуется помощи сверхъестественных сил.

На фоне недостатков древних философов мы, возможно, выглядим хвастунами. Однако нашему самолюбию придется пережить и уколы, так как весьма вероятно, что лет через сто наши знания и образ мышления тоже будут считаться примитивными. В самом деле, изучая галактики и атомы, мы ставим перед собой две цели, являющиеся в настоящее время главными и в других отраслях науки. А именно, во-первых, усилить те положения, на которых

мы можем основывать современное понимание изучаемой проблемы, и, во-вторых, способствовать своими исследованиями, насколько это возможно, одряхлению лелеемой нами сейчас гипотезы. Мы надеемся, что будущее принесет нам более фундаментальные знания и более великие идеи. Конечно, придут и более глубокие мысли, и шире будет область господства разума, совершеннее понимание функций человеческого мозга, выше честолюбие людей, принимающих участие в самых великих явлениях природы — явлениях космических масштабов; все это можно назвать просто *ростом*.

После этого краткого вступления обратимся к основным азбукам космографии, которые, вероятно, можно было бы назвать таблицами для более совершенной ориентировки.

Пространственные измерения — азбука организаций в природе

Начнем рассмотрение организаций в природе с обзора различных типов людских сообществ. Простейшая организация — семья. Сохраняя большинство своих индивидуальных особенностей, семьи, естественно, группируются в хутора или селения. В обмен на преимущества этой более высокой формы организации приносятся в жертву немного естественных степеней свободы. Но деревни или хутора редко остаются совершенно независимыми друг от друга; они образуют государства и нации, и, по мере того как происходит объединение в более сложные организации, каждая отдельная группировка становится все менее свободной, менее автономной и независимой. За пределами нации мы можем на нашей планете в конце концов создать мировое государство или хотя бы объединяющую весь мир цивилизацию.

Более высокой ступенью общественной организации, если речь идет не о людях, их семьях или ассоциациях семей и групп, является объединенное общество. Оно существует и у простейших типа вольвокс, уровень объединения и координации частей которого очень низок, и у общественных насекомых (пчел, ос, муравьев и тер-

митов), достигших наивысших в царстве животных форм объединения.

Какую бы организацию мы ни рассматривали, мы, конечно, можем предположить существование организующей силы или причины. В семье людей такой связующей силой является любовь в широком смысле этого слова, а для групповых ассоциаций людей (от селения до государства) — это главным образом забота о безопасности, а также культурные устремления и желание изобилия в экономическом отношении. Что касается общественных насекомых, то здесь связующие силы сложны и не вполне понятны, но, несомненно, здесь замешаны органы вкуса, а у муравьев — взаимный обмен проглываемой пищи.

В неодушевленном микрокосмосе тенденции к организации направляются электростатическими и другими аналогичными силами. Фундаментальные частицы (электроны, нейтроны и т. п.) объединяются прежде всего в атомы, атомы — в молекулы и сложные системы молекул, а затем в большие и более сложные организации типа кристаллов и коллоидов.

Как и в человеческом обществе, по мере роста организации данный элемент постепенно теряет свои степени свободы. Беспредельная свобода атома в вакууме межгалактического пространства в значительной мере утрачена молекулами кислорода и азота в закрытой комнате, где воздух связан с Землей тяготением, а непрерывные столкновения мешают любой данной молекуле добраться до какого-либо определенного пункта. А отдельные атомы в твердых материалах, из которых сделан мой карандаш, настолько сильно ущемлены в правах, так основательно «скованы» в определенном объеме, что у меня действительно есть карандаш. Он состоит из смеси электронов, протонов и нейтронов, которые не могут беспрепятственно улетать в межпланетное пространство. За преимущества, предоставляемые организацией, всегда приходится расплачиваться потерей элементарных степеней свободы. Например, в смысле утраты свободы личности цивилизация тоже обходится недешево, но избыток свободы привел бы к утрате гарантий безопасности и социальных преимуществ. Поэтому мне приятно думать, что свободно

бродившие и не охраняемые полицией динозавры зато не имели водопровода.

Если мы обратимся к бóльшим и более массивным организациям, то на уровне коллоидов покинем микрокосмос. Мы войдем в мир макрокосмоса, где решающим фактором является сила тяготения. В царстве звезд мы находим пылевые частицы, объединяющиеся в протозвезды, в которых газовое давление и излучение противодействуют силе тяготения. Звезды часто бывают двойными и тройными. Следующие по величине звездные организации — звездные скопления и звездные облака, а последние вместе с рассеянными одиночными и краткими звездами объединяются в огромные космические образования, называемые галактиками. Можно установить непрерывную последовательность организаций от атома до Метагалактики.

Таблица 1

К Л А С С И Ф И К А Ц И Я М А Т Е Р И А Л Ь Н Ы Х С И С Т Е М

—5.

—4. Фундаментальные частицы

α. . .	η. Мезоны, от 1 до x
β. Кванты излучения	θ. Нейтрино
γ. Электроны	ι. Антинейтрино?
δ. Протоны	κ. Антипротоны
ε. Нейтроны	λ.
ζ. Позитроны	

—3. Атомы

от 0 до $101 +$

—2. Молекулы

от 1 до n

—1. Молекулярные системы

I. Кристаллы

II. Коллоиды

0. Коллоидные и кристаллические агрегаты

α. Неорганические (минералы, метеориты и т. п.)

β. Органические (организмы, колонии и т. п.)

+1. Метеоритные ассоциации

1. Метеорные потоки

2. Кометы

3. Пылевые облака

+2. Системы со спутниками

I. Типа Земля — Луна

II. Типа Юпитера

III. Типа Сатурна

Продолжение таблицы 1

- +3. Звезды и семейства звезд
- α. Звезды со «свитой»
 - I. С короной, метеорными роями и кометами
 - II. С туманными оболочками
 - III. С планетами и их спутниками
 - β. Кратные звезды
 - I. Тесные пары (или кратные системы)
 - a. Затменные
 - b. Спектроскопические
 - II. Широкие пары (или кратные системы)
 - (α). Физические
 - [(β). Оптические]
 - III. Движущиеся объединения
- +4. Звездные скопления
- α. Рассеянные
 - [a. Нерегулярности звездного поля]
 - b. Ассоциации
 - c. Свободные группы
 - d. Компактные группы
 - e. Плотные группы
 - β. Шаровые
 - I. Наиболее концентрирующиеся к центру
 - II.
- XII. Наименее концентрирующиеся к центру
- +5. Галактики
- A. Яркие
 - I. Неправильные (I)
 - II. Спиральные (S)
 - α. Аномальные (S_{pa})
 - β. Пересеченные (SB)
 - (I) Рассеянные (SB_c)
 - (II) Промежуточные (SB_b)
 - (III) Концентрированные (SB_a)
 - γ. Правильные (S)
 - (I) Ветви очень развиты (S_d)
 - (II) Ветви развиты (S_c)
 - (III) Ветви узкие (S_b)
 - (IV) Ветви очень узкие (S_a)
 - III. Эллиптические (E)
 - a. Наиболее сплюснутые (E7)
 - b. Менее сплюснутые (E6)
 - g. Наименее сплюснутые (E1)
 - h. Круглые (E0)

Продолжение таблицы 1

В. Слабые (классификация Брюса)

Концентрация и форма

a1, a2, a3,	., a10
b1, b2, b3,	., b10
f1, f2, f3,	f10

+6. Агрегаты галактик

1. Двойные
2. Группы
3. Скопления
4. Облака

[5. Нерегулярности поля галактик]

+7. Метагалактика

α. Организации звездных тел и систем

- | | |
|-------------|--------------|
| 1. Метеоры | 4. Звезды |
| 2. Спутники | 5. Скопления |
| 3. Планеты | 6. Галактики |

β. Космоплазма, или межзвездное вещество

(α). Межзвездные частицы

1. Космическая пыль и метеориты
2. Диффузные туманности (темные)

(β). Межзвездный газ

1. Корпускулы
2. Атомы
3. Молекулы

(γ). Излучение

(δ).

+8. Вселенная: комплекс «пространство — время»

+9.

Обозначения подразделений

α, β, γ... — различия, сильно зависящие от основной природы;
 0, 1, 2, 3... — различия, сильно зависящие от размера или массы;
 I, II, III... — различия, сильно зависящие от строения;
 A, B, a, b — различия, зависящие от положения наблюдателя.
 Три группы, заключенные в квадратные скобки, являются случайными объединениями, а не системами, связанными силами взаимного тяготения.

Как видно из таблицы, основной тенденцией природы является все более и более высокая степень организации организаций. Пользуясь этим обстоятельством, мы можем построить очень важную азбуку — таблицу для выявления нашего собственного места, нашего положения в пространстве,

В табл. 1 представлена система организаций материального мира. В нее включены все виды материи, даже неоткрытые фундаментальные частицы и умозрительные сверхорганизации. Для всех классов указаны главные подразделения. Класс (—3) «Атомы», как будет видно ниже, расшифровывается подробнее в азбуке материи с ее сотнями различных видов.

Этот перечень организаций, расположенных в порядке возрастания средних размеров, представляет собою остов, с которым связаны определенные силы принуждения или притяжения, начинающие действовать, как только индивидуумы (все равно, физические или биологические) образуют группу.

Дальнейшие подразделения некоторых из перечисленных организаций были бы весьма поучительными, например подразделения биологических группировок, которые здесь отражены только как подкласс (β) класса (0). Если мы хотим быть объективными, то в нашей таблице мы не должны уделять много места организмам: слишком многое пришлось бы включить в таблицу биологических форм. Так, например, чтобы перечислить всех предков человека, нужно пройти через десять постепенно сужающихся включенных одна в другую категорий, в каждой из которых требуются свои подразделения:

Земная живая природа (растения, животные, простейшие)

Царство: животное

Тип: хордовые (один из 15 типов животного царства)

Подтип: позвоночные

Класс: приматы

Отряд:

Семейство: *Hominidae* (человек отходит от обезьян)

Род: *Homo* (человек)

Вид: *sapiens* (разумный)

Разнообразие рас: например, кавказская

Индивидуумы:

Есть и различные промежуточные категории, такие, как подкласс, сверхсемейство и так далее.

Группы, приведенные в таблице материальных систем

с отрицательным знаком, представляют собой ту часть последовательности, которую мы называем микрокосмосом; группы с положительным знаком олицетворяют макрокосмос. Электростатические и молекулярные силы, как указывалось выше, являются главными для организаций микрокосмоса, тяготение — для макрокосмоса. Молекулярному и гравитационному притяжениям противодействуют рассеивающие силы: излучение, газовое давление, электростатическое отталкивание и «космическое отталкивание». Последнее наименование мы даем некой силе, которая побуждает сверхорганизации галактик рассеиваться повсюду, за исключением областей скопления галактик, где тяготение еще действует, хотя и слабо.

Мы могли бы поставить вопрос об уместности класса (—4) «Фундаментальные частицы» в списке материальных систем. Являются ли эти частицы действительно организациями или они неделимые единицы? Здесь они включены в перечень организаций, поскольку предполагается, что с помощью субмикроскопического анализа в будущем, возможно, удастся открыть строение электронов и протонов. Ведь нейтроны в некотором смысле уже признаны сложными образованиями. Во всяком случае, фундаментальные частицы следует включить в таблицу хотя бы для того, чтобы список известных материальных структур был полным.

Классы (—5) и (+9) сейчас пустые, это — вызов будущему. В круглых скобках подкласса (β) класса (0) заключено так много любопытного и интригующего, что было бы неразумно, учитывая возможные будущие открытия, «захлопывать двери» в конце этого ряда. Мы оставляем также место для будущих открытий фундаментальных частиц; то же можно сказать в отношении составляющих межзвездного пространства. Мы как бы спрашиваем: а нет ли чего-нибудь еще более фундаментального, чем кванты излучения, т. е. не существуют ли другие фундаментальные частицы, не включенные в наш щедрый перечень? Что касается составляющих межзвездного пространства (пункт (δ) подкласса (β) класса (+7) «Космоплазма, или межзвездное вещество»), то мы задумываемся над тем, нет ли в межзвездном пространстве, кроме частиц, газа и излучения, чего-либо специфического, но под-

дающегося измерением¹. Люди прошлого поколения считали, что атомы состоят только из электронов и протонов. Взгляните теперь на список фундаментальных частиц. Категория мезонов, к которой я отношу V-частицы (теперь они называются K-мезонами.— *Ред.*), включает более десятка неустойчивых, но тем не менее фундаментальных частиц.

Геологические эпохи — высшая азбука времени

Взглянув еще раз на наш перечень материальных систем, который простирается от субэлектронов до пространственно-временного комплекса и далее, мы с изумлением видим, что главной характерной чертой всего этого длинного ряда является движение. Все движется относительно различных нуль-пунктов, систем координат или тел одинаковой или различной природы. Квант излучения переносит энергию в пространстве со скоростью света; электроны в атоме, согласно общепринятым моделям атомов, также движутся с огромными скоростями. Но такие большие скорости не являются правилом. Некоторые относительные движения, как, например, перемещения в горных породах, неизмеримо мало отличаются от нуля. Другим примером медленных движений является движение растений и животных по поверхности планеты. К промежуточным скоростям относятся скорости комет при прохождении вблизи звезд и скорости разбегания соседних галактик в расширяющейся Вселенной.

Несмотря на свою универсальность, движение (автор имеет в виду механическое движение.— *Ред.*) едва ли является фундаментальной или основной сущностью материальной Вселенной. Оно характеризует изменение положения, а скорость изменения определяется как пространство (расстояние), деленное на время. Поэтому повсеместное распространение движения подчеркивает, что основным фактором в развитии материальных систем является время. Рост и распад связаны со временем. Организации

¹ Кванты пространства? Пиктоны времени? Эмергоны? Психоны?

могут исчезать постепенно. Кометы, например, распадаются, рассеянные звездные скопления медленно теряют свое население, молекулы диссоциируют под действием излучения, органические вещества гниют, нации распадаются. Аналогичным образом организации всех видов (и физические, и биологические) возникали в ходе времени из различного рода неупорядоченных состояний. Большинство их усложнялось и увеличивалось в объеме постепенно, некоторые же благодаря мутациям прошли этот путь быстро.

Элемент времени пропитывает все во Вселенной. Мы можем значительно облегчить себе понимание происхождения и роста, распада и смерти, составив *азбуку интервалов времени*, подобно тому как нашим пространственным представлениям помогает таблица материальных систем.

Для полного описания процессов материальной Вселенной, которые охватывают различные интервалы времени, нам требуется весьма обширный календарь. При этом нам нужны часы и календари многих типов для самых разнообразных случаев. Часы и календарь, которыми мы пользуемся в учреждениях и дома, не пригодны для отсчета времени в лаборатории, где атомы водорода превращаются в гелий, или при взрывном высвобождении атомной энергии, которое происходит в звездах. С другой стороны, такие календари не годятся также при изучении относительно медленной эволюции жуков или вращения Галактики. Привычные нам интервалы времени слишком грубы для электронов и слишком малы для процессов горообразования. Однако для последнего случая у нас уже есть очень хороший календарь — таблица геологических эпох.

Можно считать, что человеку очень повезло, так как, помимо того, что он обладает относительно большой корой головного мозга, он живет и развивается на поверхности очень старой планеты. Вероятно, первичные формы жизни и, конечно, самые старые породы земной коры уже существовали в очень ранний период расширения Вселенной. Когда в мелких морях преобладали трилобиты, галактики были много ближе друг к другу, чем в наши дни. В настоящее время полагают, что многие известные нам

самые яркие звезды образовались гораздо позже исчезновения больших мезозойских ящеров. При желании мы могли бы применить наш геологический календарь к астрономии и говорить о плиоценовых звездах и меловых галактиках.

Если бы наша планета и одушевленная жизнь на ней (в том числе и человечество) были продуктом недавнего звездного события, скажем, 5000-летней давности, а не продуктом той бурной деятельности звезд, которая имела место $5 \cdot 10^9$ лет назад, нам было бы трудно открыть происхождение звездной энергии и оценить возраст звезд. Наша шкала времени была бы слишком коротка. Нам действительно повезло, что мы обосновались на относительно устойчивой поверхности очень древней планеты.

С доисторических времен вращение Земли в пустоте окружающего пространства считалось самым лучшим хранителем времени. Правда, в докоперниковские времена почти все ошибочно отождествляли это вращение с суточным движением Солнца вокруг неподвижной Земли. Но это означало только, что хранителями времени считали Солнце и звезды. Вращение Земли всегда измерялось относительно далеких звезд, которые считаются неподвижными, и период этого вращения — сутки, известен с поразительной точностью — до миллионной доли секунды. Но эта точность для современной науки недостаточна. Вращение Земли чуть-чуть «возмущается» меняющимся из года в год распределением полярных снегов и льдов. Происходит также внутреннее перераспределение горных пород, лежащих под поверхностью Земли, которое также может влиять на равномерность земного вращения. Кроме того, Луна, вызывая приливы воздуха, воды и коры, действует на вращение как тормоз. То же самое можно сказать о Солнце, но его воздействие выражено слабее из-за большего расстояния.

Несостоятельность Земли как самого точного хранителя времени стимулировала развитие искусственных хранителей времени, например очень точных маятниковых часов и часов, в которых используются колебания кристаллов и колебания атомов внутри молекул аммиака. В настоящее время разрабатываются и другие атомные часы.

Пульсирующие и затменные переменные звезды также являются небесными хранителями времени, но на практике их точность оказывается малой; то же самое относится к спутникам Юпитера и Сатурна, движущимся по круговым орбитам. Период обращения нашего Солнца вокруг центра Галактики дает единицу времени порядка двухсот миллионов земных лет; однако неточность этой единицы измеряется не секундами, днями или месяцами, а миллионами лет. Эта огромная единица времени — космический год, хотя она известна только приблизительно, удобна, когда мы рассматриваем превращение одного типа галактик в другой. Этой единицей пользуются при расчете времени, необходимого для рассеяния скопления Плеяды и в гипотезах о возрасте нашего Млечного Пути.

Однако самый удобный и наглядный календарь для космографии дает самопроизвольный распад урана, тория и других радиоактивных элементов, находящихся в породах земной коры. Парадоксально, что микромикросекунды, в течение которых происходят радиоактивные атомные превращения, используются в геологическом календаре, для которого единицами времени служат тысячелетия; иными словами, мы пользуемся кратчайшим интервалом времени для измерения длиннейшего.

Что касается отсчета времени по вращению Галактики, то точность здесь невысока. Тем не менее этот календарь эр является одной из путеводных нитей в том «клубке» сведений, который трудолюбиво распутывается человеком.

В радиоактивных породах, где количество самораспадающихся атомов урана уменьшается со временем, а конечных продуктов распада — гелия и свинца — становится все больше, мы находим окаменелые остатки древней жизни. Мы обнаруживаем кости, раковины, отпечатки листьев, семена и следы в древних окаменелых песках и иле. Мы справедливо считаем, что возраст пород, который измеряется радиоактивным методом, соответствует возрасту окаменелостей. Эти животные и растения давно умерли, но они оживают для нас при восстановлении картины биологического развития. Распределение, природа и возраст этих окаменелостей помогают также в решении загадок происхождения нашей планеты и тайн ее ранних

дней. Опять-таки мы замечаем, что некоторые из окаменелых растений в горных породах красноречиво свидетельствуют о длительном постоянстве потока солнечного излучения.

Т а б л и ц а 2

ТАБЛИЦА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЭПОХ

Эры, периоды и эпохи	Время (с начала эры до настоящего времени), миллионы лет	Представители и господствующие организмы
Психозойская Плейстоцен	1	Приматы, насекомые, цветы рыбы, птицы
Кайнозойская		
Плиоценовая	15	Млекопитающие, травы,
Миоценовая	35	птицы, насекомые и цвет-
Олигоценная	50	ковые растения; черепахи,
Эоценовая	60	рыбы, змеи и крокодилы
Палеоценовая	70	
Мезозойская		
Меловой	120	Первые птицы, млекопитаю-
Юрский	170	щие, цветы и деревья,
Триасовый	200	сбрасывающие на зиму
		листву; динозавры, рыбы,
		цикады, насекомые, ам-
		мониты
Палеозойская		
Пермский	220	Рыбы, папоротники, лягуш-
Каменноугольный	260	ки, кораллы, морские
		лилии, ранние хвойные,
		первые насекомые
Девонский	310	Водоросли, кораллы, мор-
Силурийский	350	ские звезды, морские ли-
Ордовикский	400	лии, первые папоротники,
Кембрийский	500	первые рыбы, моллюски,
		улитки и трилобиты
Протерозойская	(1000)	Водоросли и первые губки
Архейская	(2000)	Первые водоросли
Космическая	(5000)	Доорганические соединения

Геологическая таблица времени в том виде, в каком она разработана к настоящему моменту в результате успехов геологии, радиологии, палеонтологии, геофизики

и геохимии, дает очень хороший календарь для отсчета времени в обратном направлении — к началу кембрийского периода, пятьсот миллионов лет назад. По ней можно также приближенно определить возраст более старых вулканических пород, с которыми связаны самые древние неясные отпечатки простых водорослей и грибов. Этих отпечатков очень мало, и они не слишком четки, но они наводят на мысль, что по крайней мере полторы тысячи миллионов лет назад уже существовали организмы, которые использовали солнечный свет как источник энергии.

В основе космического календаря, использующего метод радиоактивности, первоначально были элементы уран, радий, торий, гелий и свинец. Однако в настоящее время возраст окаменелостей, горных пород и предметов, сделанных руками человека, определяется по другим химическим элементам. Среди них — калий, распадающийся на кальций и аргон, рубидий, дающий при распаде стронций, а также значение относительного содержания изотопов кислорода и углерода. Вероятно, по мере усовершенствования методики будут использоваться и другие элементы, а таблица времени станет еще более обоснованной.

Геологические эры и эпохи (без последующих подразделений), их длительность, а также перечень соответствующих биологических форм даны в табл. 2. Значение возраста горных пород для космографии обсуждается ниже.

Периодическая таблица элементов

Третья из наших четырех таблиц, вероятно, является наиболее компактной и важной сводкой научных данных, которые когда-либо были составлены человеком. Периодическая таблица химических элементов означает для материи то же, что таблица геологических эпох для времени. История ее создания — это рассказ о грандиозном завоевании человеком микрокосмоса. После пионерских работ Ньютонса, Майера и особенно Менделеева группа энтузиастов химиков и физиков существенно пополнила эту основу основ классификации атомов.

Т а б л и ц а 3

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ

1																2			
H																He			
3	4	5	6													7	8	9	10
Li	Be	B	C													N	O	F	Ne
11	12	13	14													15	16	17	18
Na	Mg	Al	Si													P	S	Cl	Ar
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr		
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54		
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	J	Xe		
55	56	57: 72	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86		
Cs	Ba	La: Hf	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn		
87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101...					
Fr	Ra	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md...					

В этой таблице представлены все известные в настоящее время атомы. Они собраны в вертикальные группы и горизонтальные ряды. В своей полной форме эта таблица содержит множество сведений о строении атомов¹. В таблицу включены элементы всех видов от водорода с атомным номером 1, гелия, углерода, кислорода, железа, серебра, золота, урана (атомный номер 92) вплоть до некоторых неустойчивых элементов, более тяжелых, чем уран, которые получены искусственным путем в наших лабораториях. Последние три из этих элементов названы в честь Эйнштейна, Ферми и Менделеева.

Ученые последнего столетия не только составили эту совершенную двумерную согласованную азбуку материи, но благодаря созданию и отождествлению множества изотопов они продолжили ее в третье измерение. При помощи современных «атомных орудий» огромной мощности, по-

¹ Символы представляют собой сокращенные названия элементов, перечень которых имеется во всех учебниках химии.

видимому, для всех атомов можно получить изотопы, т. е. атомы, ядра которых имеют различные атомные веса. Например, естественный радиоактивный атом урана может весить 238 или 235 единиц. Ртуть имеет десять изотопов, семь из которых устойчивы. У олова десять устойчивых и семь радиоактивных изотопов. Многие изотопы возникают естественным путем, но большинство из них создано руками человека. Хотя атомные веса разных изотопов какого-нибудь элемента различны, строение его электронных оболочек при переходе от одного изотопа к другому не меняется, а следовательно, по существу не меняются химические и спектральные свойства.

Искусственные изотопы большинства элементов, полученные в циклотронах, обладают небольшим временем жизни (малые доли секунды) вследствие радиоактивного распада. Побочный продукт страшной водородной бомбы — стронций-90, к сожалению, долгоживущий изотоп; он сохраняет свои вредные свойства на протяжении многих лет после взрыва бомбы. Применение радиоактивных изотопов многих распространенных элементов лежит в основе метода «меченых атомов», который широко используется в медицине, а также в исследовании явлений жизни. Очень велико значение изотопов и в геологии. Ничтожные количества радия, свинца, рубидия позволяют установить возраст пород, и таким образом, изучая окаменелые растения, мы можем восстановить картину излучения солнечной энергии в прошлом.

Современный прогресс промышленности был бы невозможен, если бы мы не знали принципов, лежащих в основе периодической системы элементов. Периодическая система элементов как нельзя лучше иллюстрирует важное значение современных азбук для ориентировки человечества во Вселенной.

Тем, кто изучает химию Космоса, следует поближе познакомиться с яркими звездами и их спектрами. С самых ранних периодов цивилизации звезды наводили человека на размышления. Созерцая их, человек впервые задался вопросом о своем месте во Вселенной. Они же являются теми лабораториями высоких температур, в которых испытываются не только свойства атомов, но и искусство ученых-спектроскопистов.

Из ста элементов, известных на Земле, свыше шестидесяти зарегистрировано также в спектре Солнца. То же можно сказать о спектрах звезд. Без сомнения, на Солнце и звездах имеются и другие известные на Земле элементы, но их нелегко обнаружить. Однако многие изотопы, полученные человеком, вероятно, существуют только на Земле, если же они и есть на Солнце, то не вблизи солнечной поверхности.

Пока у нас еще нет данных, чтобы утверждать, что химические процессы в звездных лабораториях, рассеянных повсюду в пространстве, отличаются от земных. Атомы кальция и водорода самых далеких известных галактик, по-видимому, вступают в химические реакции так же, как на поверхности Солнца и в земных лабораториях. Даже полученный людьми элемент технеций (номер 43 периодической системы) в настоящее время отождествлен в спектре атмосфер некоторых звезд. Поскольку технеций — радиоактивный элемент с относительно коротким временем жизни, он должен непрерывно образовываться в результате какого-то пока еще не известного процесса вблизи поверхности звезд, может быть, в «звездных пятнах», подобных пятнам на Солнце.

По-видимому, везде в доступной изучению части Вселенной химический состав и свойства атомов одинаковы (хотя относительное содержание элементов в звездах различно).

Круговорот аргона в природе

Гелий, неон, аргон, криптон и другие инертные газы (элементы последнего столбца периодической системы) всегда присутствуют в нашей атмосфере. Они совершенно не образуют соединений, в отличие от атомов кислорода и азота, которые вступают в реакции со многими элементами, в частности с углеродом; последний процесс является основой жизни. За исключением аргона, эти так называемые благородные газы едва обнаружимы и все вместе составляют всего лишь около тысячной доли процента земной атмосферы.

С другой стороны, атомы аргона в нашей атмосфере представляют примерно полпроцента всего количества

атомов. Они полностью перемешаны с кислородом и азотом и стали связующим звеном между всеми существами прошлого, настоящего и будущего, обладающими способностью дышать. Атомы аргона не погибают и не вступают в молекулярные соединения. Они не улетают в межпланетное пространство, как это происходит с более легкими атомами водорода и гелия. Они — продукт естественного радиоактивного распада одного из изотопов калия.

С каждым вдохом мы (или любое живое существо с такой же емкостью легких) вдыхаем $4 \cdot 10^{19}$, т. е. 40 тысяч миллионов миллиардов атомов аргона, а затем без всяких потерь (так как эти атомы ни с чем не соединяются) выдыхаем их обратно; благодаря диффузии и ветрам они вновь распространяются в земной атмосфере. Некоторые атомы аргона, которые вдыхал в первый день своей жизни Адам (или какой-нибудь древний человек), теперь вдыхаем мы, а через столетие вдохнут новорожденные младенцы. Этот круговорот аргона в природе наводит на множество мыслей: он свидетельствует о единстве мира и, подобно солнечному свету, не признает никаких национальных границ. Он как бы роднит нас с дышащими существами далекого прошлого и не менее далекого будущего.

Эфирный спектр — азбука энергии

Таблица, упрощающая исследование энергии, завершает набор основных вспомогательных средств космографии. В основе этой своеобразной таблицы лежит эфирный спектр, или спектр электромагнитного излучения. Она не столь исчерпывающая и не так удовлетворяет нас, как таблицы, которыми мы располагаем для пространства, времени и материи. Имеются также виды энергии, как, например, энергия тяготения и механическая, которые вообще не включены в эту последовательность. Но большинство известных видов энергии, необходимых для изучения и понимания Вселенной, отражено в спектре электромагнитного излучения. Именно благодаря энергии излучения стали возможны возникновение и эволюция жизни на Земле. Все наше существование, согревающее нас тепло, наша пища и большая часть наших знаний

зависят от энергии, занимающей небольшой участок спектра электромагнитного излучения Солнца. Древний культ Солнца был бы естественным для нас.

Мы можем представить последовательность излучений в краткой и простой форме.

Т а б л и ц а 4

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ИЗЛУЧЕНИЙ

Гамма-излучение	(—12) ¹
Рентгеновские лучи	
используемые в медицине	(—10)
мягкие	(—8)
Ультрафиолетовое излучение	
жесткое	(—7)
мягкое	(—6,5)
Видимый свет	от (—6,4) до (—6,2)
Инфракрасное излучение	от (—6,2) до (—4)
Микроволны	от (—3) до (+1)
Радиоволны	от (+1) до (+4)
Промышленный ток	(+7)
Макроволны	(+8...)

¹⁾ Числа в скобках, характеризующие длину волны (в метрах) данного вида излучения, являются показателями степени числа 10 (см. стр. 21).

Отдавая дань человеческому уму и изобретательности, следует отметить, что человек при помощи искусственных органов чувств продолжил эту таблицу далеко за пределы видимого излучения, которое только и было известно на протяжении всей истории человечества вплоть до середины прошлого века. Изучение и использование энергии излучения человеком уже не ограничено небольшим участком спектра — от фиолетового света до красного. В сторону коротких длин волн спектр простирается от фиолетового конца через ультрафиолетовое и рентгеновское излучения к гамма-лучам. А в сторону длинных волн за пределами красного и инфракрасного излучения спектр переходит в область радиоволн и макроволн — источников света и энергии промышленности и быта. Дополнительные «органы чувств» человека, которые позволяют расширить область исследования, — это фотографическая эмульсия, термомпары, фотоэлементы, транзисторы, осциллографы, счетчики Гейгера, ионизационные ка-

меры и многие другие электронные приборы. Не так уж плохо для недавно появившихся приматов!

При полном анализе энергии как фундаментальной сущности следовало бы рассмотреть многие последние научные достижения, относящиеся к космографии. Мы получили бы более ясное представление о том, каким образом физики, астрономы и инженеры распространили спектральный анализ на область коротковолнового излучения высокой энергии. Мы бы узнали о том, как органы зрения человека — глаза — постепенно «оснащались» перечисленными выше остроумными приспособлениями. В этом отношении мы намного опередили природу.

Были исследованы многие ранее не известные области спектра электромагнитного излучения влево и вправо от видимой области. Шестьдесят лет назад были открыты рентгеновские лучи, которые были также поставлены на службу здоровью людей и стали использоваться как оружие познания. Невидимые ультрафиолетовые лучи стали применяться в промышленности и медицине, при изучении природы молекул и живых клеток. Равным образом огромную услугу человечеству и промышленному развитию оказал переход от октавы видимого света в область более длинных волн. Развитие радиотехники и радиолокации на более длинных волнах и изучение «проникающих» гамма-лучей в области ультракоротких волн породили новую культуру, которую можно назвать атомной цивилизацией. В течение каких-нибудь нескольких десятилетий изучение сущностей «энергия» и «материя» изменило образ жизни человека и повлияло на его мировоззрение. Одно из основных положений этой книги состоит в том, что подобные научные открытия и основанное на них развитие техники могут привести к существенному изменению прежних философских систем и взглядов; они указывают на возможность радикальных изменений некоторых основных принципов.

Изучение спектра излучения связано со многими выдающимися достижениями, к которым относятся: 1) пропикновение в озонный слой земной атмосферы при помощи созданных во время войны ракет; 2) современная алхимия — превращение одних элементов в другие посредством бомбардировки их фотонами, электронами, про-

тонами, нейтронами и другими частицами высоких энергий; 3) расщепление тяжелых элементов и объединение легких элементов в целях выделения атомной энергии, используемой как для благотворного мира, так и для губительной войны.

Некоторые из этих положений мы позднее выделим из многих других проблем, связанных с электромагнитным спектром, чтобы проанализировать их с точки зрения космографии, а также для предсказания будущего. Они могут помочь нам в решении проблемы места человека во Вселенной.

Вспомогательные таблицы, полезные для космографии

Четыре основные таблицы можно с успехом дополнить еще несколькими сводными таблицами вспомогательного характера. Некоторые из них входят как подразделы в основные таблицы — например, типы галактик и виды фундаментальных частиц. Вот пять небольших, но полезных табличек.

1. *Планеты солнечной системы*; продолжительность их года и суток, расстояния, размеры. Все это имеет значение при рассмотрении происхождения Земли.

2. *Основные типы животных и растений*; все они прямые потомки солнечного света и первичного «бульона» мелких морей Земли.

3. *Классы млекопитающих*; от китов до летучих мышей, от коров до антропоидов.

4. *Последовательность звездных спектров*; цветовая и температурная последовательность от голубоватого горячего Ригеля в Орионе к желтоватым Канопусу и Солнцу и далее по убывающей температурной шкале к красноватым Бетельгейзе и Антаресу.

5. *Сообщества животных*; здесь можно тоже построить своего рода последовательность; семга с ее икрой — моногамная малиновка — стадо бизонов — человеческое общество; не следует также забывать пчел и муравьев, общины которых являются, вероятно, самыми развитыми сообществами животных.

Краткие выводы о месте человека в пространстве, времени, матери и энергии

В заключение нашего обзора давайте посмотрим, каково же наше положение по отношению к основным сущностям. Вряд ли можно указать, на какой стадии процесса развития мышления мы находимся, так же как невозможно найти наше место в некой мистической духовной категории. Поэтому мы сделаем выводы только о месте рода человеческого во времени, пространстве, энергии и материи.

1. Время. Очевидно, во времени мы находимся точно между прошлым и настоящим. Строя прогнозы будущего, мы можем немного экстраполировать, но это следует делать с осторожностью. Если говорить о планетах, звездах и галактиках, то мы явно не видим конца материальной Вселенной. Мы можем только строить предположения на основании несовершенных теорий. Что же касается прошлого, то мы располагаем более ясными данными, согласно которым к какому-то моменту между пятью и пятнадцатью миллиардами лет назад относится эпоха T_0 , имевшая особое значение в истории развития физического мира. Мы полагаем, что в прошлом можно отметить какой-то особый момент (или эпоху) созидания, не имеющий себе равного в будущем. Следовательно, мы условно принимаем, что эволюционное развитие Вселенной в прошлом в некотором смысле конечно, а в будущем — бесконечно.

Но если мы не отрицаем, что существовал момент T_0 , и полагаем, что было какое-то «творение» во времени — некое реальное начало населенной звездами и пылью Метагалактики, начало расширения Вселенной, то мы приходим к выводу о нашей относительной молодости во времени. До конца мира и даже до его середины еще далеко.

Водородного топлива, которое обеспечивает энергию звезд, очень много. Мы, т. е. галактики, звезды, организмы, только начали свой путь. Прожитые нами 10^{10} лет являются кратким, пренебрежимо малым отрезком времени в сравнении с грядущей вечностью.

Существует и другая гипотеза, согласно которой не было никакого взрыва «первичного сверхатома», содержав-

шего в себе «всё и вся», и что прошлое «так же бесконечно», как и будущее. Согласно этой довольно спорной гипотезе, которая несколько отдаёт теологией и древними догмами, существует непрерывное творение материи из «ничего», необходимое, чтобы компенсировать потерю того вещества, которое вследствие расширения материальной Вселенной вытекает «через край мира». Теория «первичного атома», предложенная Леметром, согласуется со многими наблюдательными данными. Гипотеза «непрерывного творения», связанная главным образом с именами Йордана, Бонди, Голда и Хойла, ещё требует подтверждения наблюдениями. Чтобы ничем не рисковать, примем пока большúю длительность существования Вселенной в прошлом и большúю или ещё большúю — в будущем.

2. Пространство. Определить наше положение во Вселенной с точки зрения наших размеров гораздо легче. Оказывается, человек примерно во столько же раз больше атома водорода, во сколько раз Солнце больше человека. Можно записать:

$$\frac{\text{Звезда}}{\text{Человек}} = \frac{\text{Человек}}{\text{Атом}},$$

т. е. человек как бы является средним геометрическим между звездами и атомами, причем это соотношение приблизительно соблюдается как для масс (в граммах), так и для размеров (в сантиметрах). Место человека в пространстве звезд и галактик мы рассмотрим в главе 7.

3. Энергия. Искать свое место где-то в таблице энергии практически не имеет смысла. Мы можем подсчитать количество энергии, соответствующее массе нашего тела, и сравнить его с энергией, соответствующей массам звезд и атомов. Но в сущности такое сравнение уже было сделано при установлении нашего места в организации материальных систем. Мы могли бы до некоторой степени определить свое место, указав энергию, которую мы подчинили себе и которая, по-видимому, несоизмеримо велика по сравнению с энергетическими ресурсами наших предков. В настоящее время мы располагаем динамомашинами и гидроэлектростанциями, а недавно мы покорили по крайней мере частично атомную энергию. Но если

мы сложим все земные источники энергии и скажем, что их суммарная энергия характеризует наше положение в категории энергии, она все же окажется несоизмеримо малой по сравнению с излучением звезды средней массы. Установлено, что энергия одного землетрясения соответствует энергии тысячи атомных бомб, а энергия, потребляемая нашими чудо-городами, кажется выстрелом слочной хлопушки по сравнению с энергией солнечного протуберанца средних размеров.

Короче говоря, в энергетических процессах и потенциальных возможностях Космоса человек и его деятельность не играют практически никакой роли.

4. Материя. В категории материи мы можем претендовать на гораздо лучшее место в мире, чем в какой-либо другой категории. Пусть мы, может быть, пренебрежимо малы и незаметны в пространстве, времени и энергии, но в категории материи мы выделяемся тем, что наряду с великими мира сего — планетами, звездами, галактиками и космической пылью — мы состоим из множества химических элементов. В известном смысле человек состоит из звездного вещества. Некоторые химические элементы, имеющиеся в земной коре, обильно представлены в теле человека, других очень мало. Тела животных (млекопитающих) состоят в основном из следующих элементов (цифрами указано их относительное содержание):

Кислород	65%
Углерод	18
Водород	10
Азот	3
Кальций	2
Фосфор	1
Все остальные	1

Согласно современной теории, в атмосферах Солнца и подобных ему звезд вещество распределено следующим образом:

Водород	81,76%
Гелий	18,17
Кислород	0,03
Магний	0,02
Азот	0,01
Кремний	0,006

Сера	0,003
Углерод	0,003
Железо	0,001
Все остальные	0,001

Согласно другой интерпретации астрофизических данных и по теории строения Солнца, распределение вещества следующее:

Водород	87,0%
Гелий	12,9
Кислород	0,025
Азот	0,02
Углерод	0,01
Магний	0,003
Кремний	0,002
Железо	0,001
Сера	0,001
Все остальные	0,038

В земной коре, в том числе в атмосфере и в океанах, содержатся:

Кислород	49,2%
Кремний	25,7
Алюминий	7,5
Железо	4,7
Кальций	3,4
Натрий	2,6
Калий	2,4
Магний	1,9
Водород	0,9
Все остальные	1,7

Однако для Земли в целом (включая и гипотетическое железо-никелевое ядро) мы имеем следующую оценку состава:

Железо	67%
Кислород	12
Кремний	7
Никель	4
Все остальные	10

Все элементы, входящие в состав человеческого тела, присутствуют, конечно, в земной коре или на ее поверхности, а многие из этих элементов, если не все, были также отождествлены в спектрах атмосфер горячих звезд. В телах животных не найдено каких-либо элементов, которые не были бы обнаружены в неорганическом мире.

Итак, человек состоит из обыкновенного звездного вещества и может гордиться этим.

В одном отношении животные и растения даже имеют преимущество перед звездами: молекулы и молекулярные соединения живых организмов по сложности далеко превосходят атомные соединения неживой природы. Установлено, что химические соединения, имеющиеся в атмосфере Солнца, гораздо проще органических соединений тела гусеницы. Вот почему нам легче познать звезды, чем насекомых. Давление, плотность и температура звезд определяются главным образом законами тяготения, излучения и газовыми законами. Организмы же представляют собой сложные смеси из веществ в газообразном, жидком и твердом состояниях, и безнадежно пытаться описать их математическими и физико-химическими формулами. Задача астрофизика кажется простой по сравнению с теми требованиями, которые предъявляются биохимику.

Исследование других миров

Прежде чем претендовать на особую значимость во Вселенной человека и его деятельности, следует в общем виде поставить вопрос о возможности существования и распространенности жизни в космическом пространстве и во времени. Нас не может больше удовлетворять гипотеза, согласно которой живые организмы существуют только на Земле. Но прежде чем говорить о распространенности жизни, следует рассмотреть вопрос о распространенности условий, при которых возможны биологические процессы. Этот вопрос отнюдь не тождествен вопросу, обитаемы ли сейчас места, где такие процессы возможны. Поэтому лучше сформулировать вопрос так: имеются ли другие пригодные для жизни небесные тела, т. е. тела, на которых могла бы развиваться жизнь, если бы она там зародилась? Что может быть увлекательнее для исследователя, чем поиски разумной жизни в загадочных счастливых странах в глубинах межзвездного пространства! Но существуют ли такие счастливые страны?

Другие звезды, другие планеты

Практически все здравомыслящие люди считают, что мы существуем. Лишь очень немногие высказывают предположение, что нас нет, что всё — иллюзия и сложная игра воображения. Давайте примкнем к большинству и будем считать, что и вы, и я существуем так же, как и окружающий нас физический мир, и для простоты временно допустим, что и нефизический мир (пусть хоть какой-нибудь) тоже существует. О выражениях «нефизический», «хоть какой-нибудь» и «существует» можно

было бы немало спорить, однако оружием в этих спорах были бы в большинстве случаев слова, а не мысли.

С тех пор как мы существуем на Земле, где живут и эволюционируют также свыше миллиона других видов животных, мы, естественно, размышляем о природе того процесса, который называем жизнью. Мы наблюдаем большое разнообразие форм жизни и условий, пригодных для жизни, а также замечаем широкую приспособляемость человека к этим условиям. Естественно, мы ставим вопрос: «А есть ли где-нибудь еще существа, подобные нам?» Вопрос этот иногда задают священнику или философу, но как правило — астроному. Именно с позиций астронома я и отваживаюсь на него отвечать. Но в данной главе мы рассмотрим главным образом вопрос, есть ли где-нибудь еще планеты, подобные нашей Земле.

Тело человека состоит из общеизвестных химических элементов, ничего другого в нем нет. В предыдущей главе мы расположили в виде таблицы основные элементы, из которых состоят тела животных, а нам следует помнить, что с точки зрения химического состава люди ничем не отличаются от животных. Кислород составляет около 65% нашего тела, углерод — 18%, водород — 10%, азот — 3%, кальций — 2%, а в оставшиеся 2% входят кремний, фосфор, натрий, сера, железо и десяток других элементов. Все эти элементы имеются также в земной коре и на Солнце. Процентное содержание элементов несколько различно у крысы и пиявки, у студенистого осьминога и хрупкого коралла. В более костлявых позвоночных содержится кальция больше среднего количества, в брахиоподах — больше кремния, в медузах — больше воды; но все животные состоят из широко распространенных элементов. Элементы, редко встречающиеся в горных породах, скажем, золото, платина и радий, не типичны и для человека.

На звездах не может быть жизни

Звезды состоят из тех же веществ, что и Солнце, земная кора и земные организмы. Насколько нам известно, одни и те же физические законы справедливы повсюду: и в ядре Млечного Пути, и в далеких галактиках, и в звездах, находящихся по соседству с Солнцем.

Можем ли мы считать, опираясь на общность физических и химических законов в Космосе, что повсюду существуют животные и растения? Это представляется вполне логичным и, как мы увидим далее, даже неизбежным. Однако в настоящее время мы не в состоянии экспериментально доказать наличие органической жизни на других планетных системах, так как звезды очень далеки, а мы, будучи при исследованиях неба связаны с Землей, все еще слишком мизерны по сравнению с космическими явлениями. Однако методами статистического анализа нетрудно оценить, что вероятность существования планет с условиями, подходящими для живых организмов, очень велика, а с научной точки зрения статистические аргументы гораздо убедительнее, чем единичное наблюдение.

Обсуждение будет более понятным, если мы сначала напомним читателю два довольно известных положения: 1) Под жизнью мы подразумеваем то, что мы называем жизнью у нас на Земле, т. е. биохимический процесс, в котором участвуют углерод и азот и используется вода в жидком состоянии. (Можно представить себе процессы другого рода, например процесс, в котором роль углерода играет кремний или же вместо кислорода участвует сера. Такой процесс, конечно, можно себе представить, но он маловероятен.) 2) Марс и Венера являются поэтому единственными планетами нашей солнечной системы (кроме Земли), которые вообще пригодны для жизни. Имеются веские доводы за то, что марсианские формы жизни, если вообще жизнь там существует, находятся на низком уровне развития, подобно лишайникам. Что касается Венеры, то о ее поверхности ничего не известно, но вероятность найти на ней живые организмы мала, так как химический состав атмосферы Венеры, по-видимому, смертелен для живых организмов.

Среди многих определений понятия «жизнь» есть и такой вариант: «материальные организации, непрерывно воспроизводящие свою организацию». Причем ударение делается на словах «непрестанно воспроизводящие». Пожалуй, лучше было бы сформулировать так: «непрестанное воспроизведение материальной организацией своей организации». Это определение вполне можно отнести к

к отдельным особям, и к видам, и к обществам. Все они живы. Все они смертны, если мы надлежащим образом определим понятие «смерть». Однако ясно, что по данному только что определению бессмертные атомы нашего дыхания и плоти не относятся к разряду живых.

Жизнь стойка, цепка и упорна, если только дать ей время приспособиться к изменившимся окружающим условиям. Мы находим живые существа даже в гейзерах и горячих источниках. Некоторые растения цветут под снегом. И растения, и животные иногда в течение длительного времени могут жить в раскаленных пустынях. Как известно, некоторые семена могут противостоять длительному высушиванию и не погибают при сильных морозах. Земные формы жизни могут приспосабливаться к самым различным условиям. Но этому есть пределы. Так, например, вблизи поверхности звезды под действием ее тепла и излучения молекулы протоплазмы распадаются.

Поэтому, исследуя распространенность жизни во Вселенной, мы должны немедленно отбросить всякую мысль о возможности существования каких-либо живых организмов на триллионах излучающих звезд. И хотя на поверхности Солнца много атомов кислорода, углерода, азота и кальция — основных составляющих живого вещества, — их физическое существование не имеет ничего общего с органической жизнью. На поверхности некоторых холодных звезд, таких, как Антарес и Бетельгейзе, а также в сравнительно холодных солнечных пятнах кроме множества видов атомов мы находим некоторые известные нам молекулы; но там нет ничего, подобного сложным и непрочным белковым веществам — тем молекулярным соединениям, которые лежат в основе простейших форм жизни. И конечно, на звездах совершенно не может быть воды в жидком состоянии.

На метеорных телах и кометах не может быть жизни

Таким образом, звезды исключаются из нашего анализа, а ведь они, вероятно, содержат больше половины всего вещества во Вселенной.

Полагают, что большая часть остального вещества существует в форме межзвездного газа с небольшой при-

месью пыли. Последняя проявляет себя в виде метеоров при столкновении ее частиц с земной атмосферой и в виде далеких темных туманностей на ярком фоне Млечного Пути, придающих ему клочковатый вид. Никакой жизни на этих крошечных крупинках метеорного вещества или на относительно больших метеоритах не может быть по следующим причинам: 1) их массы слишком малы, чтобы удержать своим тяготением хоть какую-нибудь атмосферу (даже наша Луна не могла сохранить кислород и углекислый газ, необходимые для жизни животных и растений); 2) в межзвездном пространстве слишком холодно и вода не может существовать в жидком состоянии; 3) все они совершенно беззащитны против смертоносного ультрафиолетового излучения горячих звезд.

Ну, а как насчет жизни на кометах? Для них остаются в силе те же аргументы, так как кометы — это просто совокупность пылевого и раздробленного метеорного вещества, перемешанного с улетающими газами. Кроме того, как правило, кометы солнечной системы, когда они наиболее ярки, подходят слишком близко к Солнцу, а в остальное время слишком далеки от него.

Обитаемы только планеты

В наших поисках жизни на других мирах нам осталось рассмотреть планеты. Планеты, на которых жизнь могла бы не только возникнуть, но и развиваться, должны быть не очень близки к своей центральной звезде, но и не слишком далеки от нее для поддержания необходимой температуры. Они должны быть достаточно велики, чтобы удержать кислородную атмосферу (если, конечно, мы не собираемся ограничиться низшими анаэробными организмами, некоторые виды которых развиваются при полном отсутствии кислорода).

Планеты, на которых предполагается жизнь, должны также иметь неядовитую атмосферу, воду в жидком состоянии и подходящую твердую поверхность. Однако в течение длительного времени организмы, несомненно, могут приспособиться к таким окружающим условиям,

которые оказались бы совершенно неспособны для земных форм жизни.

Наконец, планеты, имеющие благоприятные размеры, температуру и химический состав, должны также двигаться по орбитам с малым эксцентриситетом. В случае очень вытянутых орбит, таких, как у большинства комет, планеты подходили бы слишком близко к звезде в периастре и слишком далеко уходили бы от нее в апоастре. В результате этого колебания температуры были бы слишком велики для нормального течения жизни, а может быть, и для возникновения и поддержания жизни на ранних стадиях ее развития. Также нежелательны и слишком резкие колебания температуры при смене дня и ночи. Поэтому лучше всего было бы, если бы планеты быстро вращались, а их ось вращения была бы значительно наклонена (как у нашей планеты) к плоскости их орбиты.

Учитывая все изложенные выше требования, мы можем поставить вопрос: «Много ли есть планетных систем, действительно пригодных для жизни?», а также сопутствующий этой проблеме вопрос: «Как возникают планеты?»

Возникновение — версия двадцатого века

Вначале, как говорится, был хаос. Или, во всяком случае, хаос был вскоре после взрыва «первичного атома» и начала расширения Вселенной (если мы примем теорию Леметра, согласно которой материя и энергия всей Вселенной были первоначально сосредоточены в одном теле — единственном «сверхатоме»). В те времена первичного хаоса (около 5—10 миллиардов лет назад) средняя плотность вещества была, конечно, очень велика; звезды были близки друг к другу; многие галактики (если они в то время существовали как системы) проникали друг в друга, а если галактик не было, то перекрывались образующиеся протогалактики. В то время столкновения и вторичные взрывы должны были происходить часто. Массы летящего газа быстро конденсировались в холодном пространстве, переходя в жидкое состояние, затем затвердевали и застывали в виде планетоподобных тел самых раз-

личных размеров. Разбивающиеся и взрывающиеся тела порождали те зерна пыли и газы, из которых позднее возникли звезды.

Весь этот процесс представляется логичным, если мы примем гипотезу, согласно которой до начала космического расширения Вселенная была плотной и маленькой.

Рассмотрим более подробно эту гипотезу в применении к возникновению Земли. Самые крупные продукты взрыва сверхгорячего «первичного атома», вероятно, остались газообразными. Если их массы были не слишком велики или не слишком малы, они в конце концов стали светящимися звездами. Если же тела оказывались слишком большими и не могли сохранить равновесие между направленными к центру силами тяготения и направленными наружу силами лучевого давления, газовой диффузии и центробежной силой (если тело вращалось), то эти слишком громоздкие тела становились двойными или кратными звездами или же скоплениями с многочисленным населением.

Лилипуты

Нам ничего не известно о телах (а их должно было быть миллиарды), массы которых гораздо меньше солнечной, но больше массы наших планет. Наши астрономические наблюдения не обнаруживают их, но ведь наша жизнь — лишь краткий миг по часам Космоса. По-видимому, эти объекты имели массы, достаточные для сжатия в устойчивые тела с плотными атмосферами, но недостаточные для того, чтобы их свечение можно было обнаружить на больших расстояниях. Вероятно, имеется бесчисленное множество звездных тел в диапазоне от $\frac{1}{50}$ массы Солнца (мы могли бы назвать их темными звездами-лилипутами) до $\frac{1}{500}$ массы Солнца (их мы могли бы назвать планетами-великанами). Возможно, эти объекты даже многочисленнее, чем звезды.

Самые большие лилипуты излучали бы слабый инфракрасный свет, и мы могли бы их обнаружить, если бы они находились вблизи; но большинство из них, скорее всего, несветящиеся кочевники Космоса. В конце концов, благодаря развитию техники, нам, может быть, удастся про-

наблюдать их радиоизлучение (если эти невидимые тела обладают электрически заряженными атмосферами) или усиление их вулканической активности. Одно из таких тел может в один прекрасный день забрести в нашу планетную систему, и мы сможем обнаружить его по отражению им солнечного света или по возмущению движения наших самых внешних планет и комет. Было бы весьма интересно встретиться с одним из этих продуктов ранней эпохи. Их существование едва ли можно отрицать; их число неопределенно, но, по-видимому, велико. Согласно другим теориям происхождения планет, отличным от той, которую мы сейчас набросали, вероятность существования лилипутов также велика.

Первичный хаос и установление порядка

Независимо от того, существовал или нет первичный атом, вмещавший в себя все, вряд ли можно сомневаться, что удаленные в настоящее время друг от друга галактики с их миллиардами звезд в отдаленном прошлом были более тесной группой. Весьма знаменательно, что возраст земной коры, установленный по радиоактивности горных пород, оказался равным предполагаемому времени расширения Вселенной.

Предположим далее, что какая-то звезда (прото-Солнце) была окружена довольно плотным облаком обломков, возникших в результате первоначального или последующих взрывов. Движение этих остывающих вторичных тел по крайней мере до некоторой степени определялось полем тяготения звезды. Предположим далее, что среди обращавшихся вокруг Солнца тел (протопланет) было несколько достаточно больших тел, которые с самого начала влияли на движение меньших тел. Если бы два из этих крупных второстепенных тел, которые можно назвать прото-Юпитером и прото-Сатурном, двигались приблизительно в одной плоскости и в одном и том же направлении вокруг прото-Солнца, то движение и будущее меньших тел в значительной степени зависели бы от них. Некоторые из малых планетных тел (возможно, большинство из них) двигались по слишком вытянутым орбитам и должны были утратить самостоятельность. Они либо

захватывались Солнцем или какой-либо из гигантских планет, или же совершенно «выталкивались» за пределы солнечной системы в межзвездное пространство.

За миллиарды лет тела, двигавшиеся вокруг Солнца в обратном направлении, т. е. в направлении, противоположном движению больших планет, были, вероятно, под действием гравитационных возмущений ликвидированы. Фактически то же самое происходит в настоящее время с легкими кометами. Направления их движения и эксцентриситеты их орбит иногда очень значительно меняются, а некоторые кометы «захватываются» на меньшие орбиты. В далеком прошлом многие кометы были, вероятно, навсегда изгнаны из пределов солнечной системы большими планетами. Когда расстояние кометы от Солнца увеличивается и сила солнечного притяжения убывает, массивные планеты получают возможность сильно влиять на орбиту кометы, проходящей вблизи этой планеты. Одним из возможных результатов сближения кометы с планетой может быть изгнание кометы из пределов солнечной системы.

Согласно предложенной нами гипотезе первоначального хаоса и последующего медленного установления порядка, протопланета Земля оказалась одним из счастливых осколков, возникших при катастрофе, породившей Солнце. Орбита Земли была круговой или почти круговой; расстояние Земли от соседних планет (Венеры, Марса) было таким, что возмущения были несущественны.

В то драматическое время, когда формировалась солнечная система, с другими звездами происходило то же самое. Должно быть, «молодое» небо того времени с его множеством комет, метеоров и кочующих планет представляло собой захватывающее зрелище.

Даже если в те ранние дни первоначальные орбиты Земли и других «выживших» планет были весьма вытянутыми, первичная межпланетная среда, состоявшая из пылевых частиц, через которую проходили планеты, обращаясь вокруг Солнца, округлила бы их орбиты. Пылевая среда тормозила движение планет; это должно было привести к уменьшению эксцентриситета орбиты, и тем самым уменьшалась вероятность их столкновений и поглощения большими телами. Наклонения орбит большин-

ства планет в современной солнечной системе близки к наклонениям орбит Юпитера и Сатурна, что является, согласно данной гипотезе, следствием соударений частиц и действия сил тяготения — процесса длительного, происходившего в давние времена перехода от хаоса к порядку¹.

Упомянутые выше предположения о происхождении спутников Солнца, а также планет, движущихся вокруг других звезд, были высказаны автором давным-давно, что называется, в смутное время. Две господствовавшие тогда теории происхождения планет — сжатие туманности (гипотеза Лапласа) и приливной отрыв (гипотеза Джинса) — уже тогда находились в противоречии с фактами и принятыми представлениями о характере и свойствах межзвездной пыли. Врагом № 1 этих космогонических гипотез были факты. Если бы мы знали не так много, нам пришлось бы меньше объяснять. Описанная выше теория хаоса обходит многие серьезные препятствия, которые не могли преодолеть более ранние гипотезы, пытавшиеся объяснить все основные закономерности солнечной системы. Но и наша гипотеза имеет недостатки. Ей, как и всем остальным гипотезам, также необходима то в одном, то в другом месте помощь в виде дополнительных гипотез. Основные предположения, на которых базируется теория хаоса, следующие:

Предполагается, что при возникновении звезд (в том числе нашего Солнца) в результате катастрофы, случившейся несколько миллиардов лет назад, пространство было заполнено газообразными, жидкими и твердыми телами различной массы. В любой ограниченной части пространства движение этих тел определялось притяжением наиболее массивных тел; в нашем случае таким телом было Солнце.

¹ Лучше было бы говорить «времена перехода от кажущегося хаоса к порядку», так как в физическом мире хаоса как такового не существует; в действительности все упорядочено, так как все определяется физическими законами. Хаос является неосознанным порядком; это слово указывает на ограниченность человеческого ума и недостаток наблюдательных данных. Слова «хаос», «случайный», «случай», «непредсказуемый» — те удобные понятия, за которыми мы скрываем наше невежество.

Предполагается, что в первичной смеси пыли, газа и планетоподобных тел, управляемых прото-Солнцем, одна или две протопланеты обращались вокруг Солнца в плоскости, примерно соответствующей средней плоскости движения планет солнечной системы в настоящее время.

Последующий процесс естественно представлять себе как процесс захвата (или, наоборот, выметания) большинства обломков и упорядочения движения оставшихся кусков.

Мы не станем развивать далее эту гипотезу. Укажем только, что она плохо объясняет замечательное соотношение расстояний выживших планет от Солнца (этот недостаток присущ также и другим гипотезам) и почти полное отсутствие в солнечной системе тел с большим наклоном орбит, за исключением долгопериодических комет и некоторых астероидов между Марсом и Юпитером, плоскости орбит которых довольно заметно отличаются от средней плоскости солнечной системы.

Эта гипотеза получила бы серьезное подтверждение, если бы мы смогли доказать, что звезды, возникшие из первичного взорвавшегося атома или более позднего взрыва (Сверхновая?), в дальнейшем изменяют свои размеры, постепенно увеличиваясь путем медленной конденсации межзвездного вещества. Очень важно также доказать, что Земля действительно строилась постепенно на протяжении долгого времени путем медленной аккреции межпланетного вещества. Но уже теперь наша гипотеза имеет то преимущество, что при взрыве (или хаосе) можно предполагать почти любое первоначальное распределение материи и движений. Камень преткновения всех гипотез — вопрос о современном распределении момента количества движения — отпадает сам собой. Во всяком случае, теория хаоса может служить рабочей гипотезой, указывающей один из путей, по которому могло идти формирование планетной системы, до тех пор, пока не будет развита какая-либо другая исчерпывающая теория, которая и будет общепризнана в качестве единственной книги Бытия.

Эта гипотеза была рассмотрена так обстоятельно потому, что одним из ее важнейших следствий является положение о том, что планетных систем, возможно, так же

много, как звезд, и что условия, подходящие для жизни, широко распространены в Космосе. Если эта теория в конце концов станет господствующей, то на вопросы: «Одни ли мы?» и «Являемся ли мы уникальными биологическими созданиями во Вселенной?» — можно будет без колебаний ответить отрицательно. Но есть и другие теории происхождения Земли, и в интересах обсуждаемого нами вопроса о распространенности биологических форм мы должны перечислить те из них, которые более или менее убедительны.

Различные пути возникновения планет

В древности заслугу происхождения Земли приписывали разного рода сверхъестественным силам, а не «случайности» или астрофизическим процессам. Но и предположение, согласно которому Земля существовала всегда, также было распространено. Многие гипотезы, призванные объяснить происхождение системы, состоящей из Солнца, планет, их спутников, астероидов, комет и межпланетной пыли, в настоящее время потеряли всякую ценность. В некоторых теориях рассматривалось возникновение Солнца, в других предполагалось само собой разумеющимся, что оно существовало до появления планет. Большинство этих теорий было разработано недавно — естественное следствие накопления данных за последние десятилетия и увеличения числа людей, занимающихся этими вопросами. Новые знания, добытые астрономами мира за последние 40 лет, во много раз превосходят все, что было известно ранее за всю историю цивилизации.

В следующем списке, составленном приблизительно в хронологическом порядке, содержится 15 гипотез, предложенных учеными Израиля, Германии, Франции, Австралии, Индии, Америки, Англии, СССР, Швеции и Голландии. Это показывает, как широко распространено желание установить физическое положение человека во Вселенной.

1) Космогонические взгляды Моисея и аналогичные ранние религиозные доктрины.

2) Небулярная гипотеза — знаменитая, долго продержавшаяся теория Канта — Лапласа.

3) Отрыв части массы Солнца кометой с последующим образованием планет.

4) Извержения из Солнца, порождающие «планетезимали», идущие на построение планет.

5) Захват готовых планет Солнцем из космического пространства или отрыв их от других звезд.

6) Приливной разрыв Солнца прошедшей рядом звездой, породившей газообразные волокна, из которых сконденсировались планеты (один из вариантов гипотезы 4).

7) Скользящее столкновение звезд (один из вариантов гипотезы 6).

8) Разрыв одного из компонентов двойной звезды при близком прохождении третьей звезды.

9) Взрывное деление гипотетического прото-Солнца.

10) Разрыв неустойчивой пульсирующей переменной звезды (цефеиды).

11) Возрождение небулярной гипотезы на основе современной теории аккреции пыли и газа.

12) Конденсации, создаваемые в сжимающейся туманности электромагнитными силами (один из вариантов гипотезы 2).

13) Взрыв Новой в двойной системе, порождающий обращающиеся вокруг нее планетоподобные осколки.

14) Возрождение гипотезы взаимодействия холодных планетезималей в туманообразной среде (комбинация вариантов гипотез 4, 11 и 12).

15) Первичный взрыв и хаос и «выживание наиболее приспособленных» — моя гипотеза, изложенная выше.

Все эти теории можно было бы изложить подробно. Некоторые из них перекрываются. Несколько гипотез было отвергнуто вследствие их явной несостоятельности или неполноты. Например, гипотезы 1, 3, 4, 5, 9 и 10 отпали, гипотезы 2 и 6 слабы. Таким образом, остаются гипотезы 7, 8, 11, 12, 13, 14 и 15. Следует заметить, что возникновение планет могло идти несколькими различными путями. Совершенно необязательно выискивать только один способ, исключая тем самым все остальные.

В данное время общий вывод сводится к тому, что ни одна из теорий не может считаться полностью удовлетво-

рительной. Даже лучшие гипотезы требуют дальнейшего развития, так как многие из них не в состоянии без дополнительных предположений объяснить следующие наблюдаемые закономерности и характерные особенности солнечной системы:

а) Девять больших планет обращаются вокруг Солнца в одном и том же направлении.

б) Солнце и, насколько это известно, большинство планет и спутников вращаются вокруг своей оси в одном и том же направлении.

в) Наклонения плоскостей орбит планет таковы, что система в целом (за исключением комет) чрезвычайно плоская.

г) Меньшие планеты, за исключением Плутона, который, возможно, является бывшим спутником Нептуна, относительно близки к Солнцу; большие планеты удалены от Солнца на расстояния от 5 до 30 радиусов земной орбиты.

д) Системы спутников Юпитера и Сатурна обладают свойствами, аналогичными свойствам планет солнечной системы.

е) По всей видимости, химический состав Земли, а также и других планет, если учесть диссипацию атмосфер, подобен составу Солнца.

ж) Вопрос о распределении момента количества движения в планетной системе является губительным для многих гипотез: или Солнце вращается слишком медленно, или планеты слишком быстро, чтобы допустить их общее происхождение. Приходится призывать на помощь вспомогательные гипотезы.

Упомянутые выше теории, за исключением двух—трех, можно отнести или к катастрофическим, или к спокойным. Другими словами, или процесс возникновения планет шел быстро, или планеты возникали постепенно в результате накопления вещества. Согласно первым гипотезам, Земля, или по крайней мере прото-Земля, была когда-то раскаленной от поверхности до центра; согласно последним, земная поверхность никогда не находилась в совершенно расплавленном состоянии, хотя с ростом ее массы за счет аккреции твердых частиц центральная

часть Земли в силу естественных причин разогрелась, и это влияло на внешние напластования.

Что говорят эти теории о распространенности планет, подобных Земле? Если мы примем для объяснения происхождения звезд гипотезу типа небулярной и будем считать, что звезды возникают главным образом в результате сжатия холодных облаков газа и пыли, а планеты появляются как своего рода побочный продукт этого процесса, тогда мы должны также предположить, что планеты, подобные известным нам, сходные с ними по массе, температуре и химическому составу, являются естественным и распространенным результатом эволюции Вселенной. Так же много следует ожидать планет согласно гипотезе «первичного хаоса».

Мы не должны забывать, что наше Солнце — самая обыкновенная звезда. Среди миллиона ярких звезд сто тысяч звезд по существу не отличаются от Солнца. Мы устанавливаем это сходство при помощи спектрального анализа (кратко описанного в главе 6), который рассказывает нам о светимости, массе, размерах, движении и химическом составе звезд. Солнце и подобные ему звезды составляют 10 % всех звезд.

Более того, звезды совсем не обязаны быть точно такими же, как наше Солнце, чтобы на сопровождающих их планетах могла быть жизнь. Если звезда горячее Солнца, то зона, где вода сохраняется в жидком состоянии, будет дальше от звезды, если холоднее, то для развития жизни планеты должны находиться ближе к своему источнику энергии.

Солнце и 100 000 подобных ему звезд не занимают какого-то особого положения в системе Млечного Пути; они, по-видимому, находятся во внешней части большой спиральной галактики, входящей в Метагалактику, которая содержит тысячи, а возможно, миллионы галактик такого же спирального типа. Звезды, подобные Солнцу (или большинство из них), также имеют историю, уходящую назад к далеким бурным временам рождения планет. Все эти данные свидетельствуют в пользу предположения о множественности обитаемых планет.

Однако во всех теориях происхождения звезд есть одно существенное обстоятельство, препятствующее обра-

зованию и дальнейшему существованию планет с необходимыми для жизни условиями вблизи каждой звезды. Это препятствие состоит в широкой распространенности двойных и кратных звезд. Сто лет назад двойные звезды рассматривались как явление крайне редкое. С увеличением оптической мощи телескопов и улучшением методики обнаружения двойных и кратных систем картина изменилась. В настоящее время мы считаем, что 40% всех звезд (а возможно, и более) — двойные или тройные. Обнаружено, что из 55 звезд в ближайших окрестностях Солнца (в радиусе около 150 триллионов километров) только тридцать одна звезда — одиночная, и, возможно, у некоторых впоследствии будут обнаружены компаньоны. В двойных и тройных звездных системах наличие планет внутри зоны жидкой воды в высшей степени невероятно. Это противоречило бы законам тяготения, так как орбиты планет были бы неустойчивы. В качестве благоприятных мы должны рассматривать только одиночные звезды и, может быть, очень широкие пары, в которых одна звезда не влияет на устойчивость орбитального движения планет вокруг другой. Вероятно, если мы хотим, чтобы планетная система существовала длительное время, мы должны также исключить из нашего рассмотрения «густонаселенные» центральные области шаровых звездных скоплений.

Малая вероятность столкновений

Гипотеза сжатия туманности (скажем, гипотеза № 14), вероятно, наиболее благоприятна с точки зрения формирования и дальнейшего существования планет. Но предположим, мы остановили наш выбор на одной из гипотез столкновения. Конечно, не может быть и речи о столкновении с кометой, так как мы знаем, что массы комет по отношению к массам звезд слишком малы, чтобы играть серьезную роль в звездных катастрофах. Но и столкновение звезд (двух или более) также не может быть в настоящее время очень результативным процессом для возникновения планетных систем, поскольку такие столкновения — редчайшее событие. В настоящее время Солнце и звезды, находящиеся в его ближайших окрестностях

(и это положение справедливо для всех одиночных звезд, не находящихся в центре скоплений или в ядрах галактик), настолько далеки друг от друга, что их столкновения в высшей степени невероятны. 40 триллионов километров отделяют наше Солнце от его ближайшего соседа — звезды α Центавра. Любая звезда, движущаяся со средней относительной скоростью 30 км/сек, может в течение миллионов лет совершать свое путешествие в Галактике, не столкнувшись и даже не сблизившись с другой звездой. Если бы мы вздумали утверждать, что планетные системы могут возникнуть только благодаря столкновениям или сближениям звезд в уже развитых галактиках, подобных нашей, мы вынуждены были бы признать, что наша планетная система, по-видимому, уникальное явление во всей Галактике, а мы — отпрыски этого давнего и столь невероятного события! Тогда нам пришлось бы ответить: «Да, мы единственное в своем роде явление и мы служим предметом особой заботы некой всемогущей силы, в чьи обязанности входит опека уникальных явлений».

Но два соображения мгновенно лишают это утверждение какой бы то ни было силы. Во-первых, мы не ограничиваемся рассмотрением только нашей Галактики, состоящей из 100 000 000 000 звезд, которые всегда притягивают друг друга, но благополучно избегают столкновений. Мы должны считаться с тем, что где-нибудь в другом месте вероятность столкновений может быть большей, так как даже в пределах пространства, куда проникают наши телескопы, имеются миллиарды других галактик, а вне этой области их, вероятно, триллионы. И если мы пытаемся выяснить вероятность жизни как космического явления, то мы должны принимать в расчет все эти системы. Если бы даже только в одной галактике из ста произошло подобное столкновение звезд, то это уже дало бы миллион таких столкновений.

Но есть и второе, более убедительное возражение против нашего изоляционизма, опирающегося на гипотезу, согласно которой планетные системы, благоприятные для жизни, могут возникнуть только при столкновениях. Это сравнительно недавно установленный, но достаточно обоснованный факт расширения Метагалактики. Наблюде-

ния показывают, что галактики «разбегаются» друг от друга во всех направлениях и что средняя плотность вещества в метagalактическом пространстве постепенно падает. Стоит нам только обратить эти наблюдения во времени, т. е. представить себе, что было раньше, и мы немедленно придем к выводу, что вчера галактики были ближе друг к другу, чем сегодня, что миллион лет назад они были еще ближе, а несколько миллиардов лет назад они все были тесно «спрессованы» вместе и перемешаны. В ту эпоху они были гораздо ближе к стадии, образно названной Леметром «первичным атомом». В те далекие дни столкновения и разрывы звезд при их сближениях должны были происходить в миллионы раз чаще, чем это возможно в наши дни! Во всем гигантском мире галактик должны были — тем или другим способом — возникнуть бесчисленные планетные системы, сначала непрочные из-за влияния близких звезд, а затем по мере расширения Вселенной все более и более устойчивые.

Миллиарды планетных систем

На основе подсчета звезд в нашей Галактике и подсчета галактик в Метагалактике в пределах, обозримых нашими телескопами, можно легко оценить, что во Вселенной имеется свыше 10^{20} звезд, каждая из которых благодаря своему излучению в состоянии поддерживать фотохимические реакции — основу жизни растений и животных. Возможно, только несколько процентов из этих звезд — одиночные, вблизи которых могут быть планеты. Возможно, только несколько процентов из этих немногих звезд развивалось таким образом (сжатие туманности) или имело такой подходящий случай в прошлом (столкновение), что в настоящее время они обладают устойчивыми планетными системами. Возможно, лишь несколько процентов этих звезд имеет одну или несколько планет с надлежащими расстояниями от центральной звезды. Пусть из этих планет только один процент движется по орбитам, достаточно близким к круговым, чтобы на планете была более или менее постоянная температура. Можно было бы продолжить дальнейший отсев планет, так как для жизни необходимы, кроме того, неядовитый

состав атмосферы и гидросферы и должны начаться особые процессы, связанные с углеродом, кислородом, водородом и азотом, которые мы называем жизнью. Посредством таких ограничений мы могли бы низвести число звезд с приемлемыми для жизни условиями и действительно «обитаемыми» планетами почти до «ничего».

Однако даже эти ограничения практически не ставят нас в какое-то изолированное, уникальное положение, так как звезд очень и очень много. Мы установили три бесспорных положения: заурядность нашего Солнца, которое своей энергией обеспечило возникновение жизни на нашей планете; универсальность физических и химических законов, справедливых на Земле, и существование более чем 10^{20} звезд, т. е. более ста тысяч миллионов миллиардов благоприятных возможностей для жизни.

Обратимся еще раз к этому большому числу звезд. Пусть из-за того, что многие звезды — кратные системы или находятся в центральных областях звездных скоплений, или из-за вторичных столкновений и других причин только одна звезда из тысячи имеет планетную систему. Лично я считаю, что одна звезда из пятидесяти — более правильная оценка, а многие из тех, кто придерживается теории образования звезд в результате сжатия туманности, сказали бы, что по крайней мере у одной из десяти звезд есть планеты. Но умышленно занижим эту оценку и скажем, что только одна из тысячи звезд обладает планетной системой, а затем предположим, что только у одной из тысячи этих звезд есть одна (или более) планета, находящаяся от звезды на таком расстоянии, при котором вода и тепло имеются в той мере, в какой они необходимы протоплазме. (В нашей солнечной системе две или три планеты находятся в этом интервале расстояний от Солнца.) Далее предположим, что только одна из тысячи этих последних звезд имеет одну планету, достаточно большую, чтобы удержать при себе атмосферу. (В нашей солнечной системе по крайней мере 7 из 9 планет обладают атмосферами.) Это снизит вероятность существования искомой планеты до одной миллиардной.

Поставим еще одно требование к этой планете: состав атмосферы и гидросферы должен быть таким, чтобы неорганические молекулы могли естественным путем пре-

вернуться в органические. Предположим, что вероятность такого события тоже одна тысячная.

Я полагаю, что мы везде чрезвычайно занизили оценку вероятности, но, стремясь доказать нашу уникальность в мире, мы предъявляем максимально жесткие требования к другим обитаемым планетам. Мы приходим к выводу, что лишь одна звезда из 10^{12} , т. е. одна звезда из миллиона миллионов, удовлетворяет всем четырем условиям. Сколько же в мире планет, на которых возможна жизнь? Разделив полное число звезд на миллион миллионов, получим сто миллионов планетных систем, пригодных для органической жизни ($10^{20} : 10^{12} = 10^8$). Это число минимальное, и я лично советовал бы из соображений, приведенных в главе 5, увеличить его по крайней мере в тысячу, а возможно, и в миллион раз.

Сформулируем вывод: исследования, выполненные за последнее время, обогатили и уточнили наши представления об обитаемости других планет. Благодаря открытию истинной звездной природы спиральных туманностей, зондированию космического пространства до таких больших глубин, что число известных звезд возросло в миллиарды раз, и благодаря открытию расширения Вселенной, из которого следует, что несколько миллиардов лет назад плотность звездного и планетного вещества была гораздо больше и оно находилось в состоянии турбулентного перемешивания, мы утвердились во мнении, что другие обитаемые миры существуют. Согласно этой точке зрения, наш земной мир представляет собой не что иное как поверхность планеты № 3, входящей в семью других планет, обращающихся вокруг некоторой рядовой желтоватой звезды, которая находится во внешней части типичной галактики, состоящей из миллиардов звезд, а наша Галактика является одной из миллиардов миллиардов галактик во всеобъемлющей Вселенной.

Итак, мы располагаем данными, доказывающими, что наша планетная система не занимает центрального положения во Вселенной. У нас немало доводов за то, чтобы считать пригодные для жизни планеты распространенным явлением. В следующей главе мы обратимся к вопросу о тех планетах, которые не только подходят для развития жизни, но которые действительно обитаемы.

Развитие первичной жизни

По сути дела, наш спор о том, много ли имеется мест, подходящих для биологических организмов, или только на каком-то миллионе планет организмы живут и взаимодействуют с окружающей средой, не имеет особого смысла. Даже если таких планет немного, все равно при любой попытке исследовать природу Космоса необходимо принимать во внимание эту жизнь вне Земли. Точка зрения, что жизнь развилась только на Земле, ограничена, бесплодна и в настоящее время практически отвергнута. Широкое признание получила противоположная точка зрения, которая опирается на три важных относительно недавних научных открытия. Это, во-первых, большое число галактик и звезд, поставляющих энергию для жизни, во-вторых, — состояние переуплотненности Вселенной несколько миллиардов лет назад (что должно было привести в итоге к возникновению бесчисленного количества планетных систем). Наконец, в лабораториях уже частично переброшен мост между сложными, но еще лишенными жизни молекулами и простейшими проявлениями жизни. При обсуждении «четвертого приспособления» в главе 7 эти открытия будут изложены подробнее.

Хотя нет особой необходимости еще раз подчеркивать мысль о широкой распространенности жизни во Вселенной, может быть, полезно рассмотреть более тщательно те опасности, с которыми она неизбежно должна столкнуться, а также возможность возникновения иных видов жизни, чем на Земле. Тот факт, что жизнь существует на нашей ничем не примечательной планете и что она

возникла естественным путем (как будет показано в главе 9), сам по себе свидетельствует о том, что жизнь — не уникальное космическое явление.

Ранние опасности, подстерегающие протоплазму

В предыдущих главах мы показали, что по крайней мере у одной звезды из миллиарда имеется покрытая корой негазообразная планета, вполне пригодная для живых организмов. Эти планеты должны быть так же приспособлены для жизни, как и наша планета, на суше и в океанах которой под действием солнечного света постепенно развились миллионы видов животных и растений. Мы можем с уверенностью сказать, что существует свыше 10^{20} звезд; значит, пригодных для жизни планет (одна на миллиард звезд) достаточно много в необъятной звездной Вселенной.

Но наличие на планете воздуха, воды, тепла, растворов разнообразных химических соединений еще не означает, что на ней обязательно обитают высокоразвитые живые организмы. Это не означает также, что на всех тех сотнях тысяч миллионов планет, на которых развилась жизнь, обитают высокоорганизованные существа, аналогичные земным организмам или даже превосходящие их. Ведь протоплазма сталкивается с разного рода опасностями, особенно на первых порах своего развития.

Может случиться, что на некоторой планете все условия благоприятны для жизни, и все-таки там не возникли развитые организмы. Конечно, такой случай представляется чрезвычайно маловероятным тем, кто считает, что жизнь неизбежно появляется и развивается, если только налицо подходящие условия. Но предположим, например, что в некоторый решающий период на ранней стадии развития жизни в воздухе внезапно образовалось слишком много свободного кислорода и он «сжег» нежные молекулярные соединения, которые уже находились на грани биохимической жизнедеятельности. Или предположим, что космическое излучение межзвездного пространства было слишком интенсивным или, наоборот, слишком слабым или слишком сильно поглощалось молекулами атмосферы. Во всех этих случаях космическое излучение

уже не могло играть необходимой роли в первоначальном возбуждении той активности, которая требуется для объединения метана, аммиака, воды и водорода первичной атмосферы¹ в простейшие аминокислоты. Или же, например, условия могли вдруг стать неблагоприятными для развития только что возникшей жизни. Безусловно, на многих планетах самые первые организмы по различным причинам оказались мертворожденными.

На нашей планете жизнь зародилась в начале расширения Вселенной, и ей удалось закрепиться и начать развиваться. Вскоре в эволюции земной атмосферы начала принимать участие растительность, способствуя замене кислородом преобладающих в первичной атмосфере паров воды и водорода. Выделение кислорода растениями в настоящее время отчасти уравнивается его потреблением животными, а углекислый газ, выдыхаемый животными (а также выделяемый при гниении растений, горении и вулканических извержениях), поставляет углерод, необходимый для синтеза углеводов растений.

Вероятно, жизнь возникла и на Марсе — планете № 4. Химический состав атмосферы Марса и его климатические условия значительно отличаются от наших, но для развития жизни там были те же предпосылки, что и на планете № 3. Однако из-за недостатка кислорода марсианские организмы (если таковые существуют) задержались на низком уровне развития. (В главе 9 трудности зарождения жизни рассмотрены подробнее.)

Если предположить, что из тысячи планет, пригодных для высокоорганизованных биологических форм, в действительности лишь на одной организмы достигли нашего уровня развития, то и тогда, как было показано в предыдущей главе, остается по крайней мере 10^8 , т. е. сто миллионов таких планет. Следует помнить, что наше Солнце, наши звездные скопления и наше положение в пространстве самые рядовые, и наша планета не обладает какими-либо преимуществами в отношении условий биохимического развития.

Мы снизили оценку числа тех звезд, на планетах которых обитают более сложные организмы, с 10^{20} до 10^8 .

¹ Сведения о составах других атмосфер см. в главе 9.

Многие вычеркнутые из списка звезды, возможно, и в самом деле не связаны с длительными биологическими процессами на своих планетах или поддерживают только низшие формы жизни. Мы предложили самую безжалостную «дисквалификацию», учитывая существование двойных звезд, неудачное местоположение звезды внутри скопления, неблагоприятный химический состав и т. п. Мы старались всеми возможными способами исключить существование высокоразвитых конкурентов человека на других мирах. Это была своего рода дань тем, кто затаил надежду, что *Ното*, обладая некими выдающимися качествами, представляет собой уникальное явление во Вселенной.

Лично я увеличил бы оценку числа звезд, благоприятных для развития жизни, в миллион раз, т. е. допустил бы существование по крайней мере 10^{14} планет с высокими формами жизни. Во-первых, мы, вероятно, сильно недооценили число звезд во Вселенной. Во-вторых, могут существовать и другие виды жизни, а не только те, которые основаны на углеродных соединениях.

Из теоретических соображений Эддингтона и других следует, что во Вселенной имеется не менее 10^{79} фундаментальных частиц (электронов, протонов, нейтронов). Поэтому ее полная масса составляет более $10^{79} : 10^{24} = 10^{55}$ г¹. Приняв в качестве стандартной звезды звезду с массой, равной половине солнечной (поскольку современными исследованиями в окрестностях Солнца обнаружено громадное число звезд-карликов, которые, вероятно, существуют повсюду), мы имеем $10^{55} : 10^{33} = 10^{22}$ звезд. Это увеличивает вероятность существования жизни в сто раз по сравнению с осторожными оценками, данными выше.

Тот факт, что число звезд 10^{20} , упоминавшееся ранее, слишком мало, можно вывести также из наблюдений. Наши выборочные подсчеты показывают, что в радиусе четырех миллиардов световых лет имеется по крайней мере миллиард галактик. Даже если они в среднем со-

¹ В 1 г вещества содержится приблизительно $1,2 \cdot 10^{24}$ фундаментальных частиц: протонов и электронов (если считать нейтрон за две частицы). Масса Солнца $2 \cdot 10^{33}$ г. Поэтому каждая «стандартная» звезда содержит около 10^{57} частиц.

держат в десять раз меньше звезд, чем наша Галактика, то и тогда должно быть $10^9 \cdot 10^{10} = 10^{19}$ звезд. Если же радиус сферы, куда могут проникнуть наши телескопы, увеличить только в 10 раз, то число звезд сразу возрастет примерно до 10^{22} . А ведь такое увеличение мощности телескопов — дело ближайшего будущего. С 1915 до 1930 г. радиус обозреваемого пространства увеличился почти в миллион раз, а доступный исследованиям объем возрос пропорционально кубу этого числа.

Другие виды жизни?

Второй аргумент за существенное увеличение нашей оценки числа планет, удовлетворяющих условиям существования сложных органических форм, носит совершенно другой характер. Он касается скорее биохимии, чем звездной астрономии. Если опустить детали, то наши доводы сводятся примерно к следующему. При нашей способности к быстрому восприятию, сочетающейся с полным невежеством, мы распознали бы и определили жизнь в тех ее проявлениях, с которыми мы знакомы, и на поверхности любой другой планеты, на которой нам удалось бы побывать. В понятие поверхности мы включаем атмосферу, всевозможные водные бассейны и сушу; сюда же относятся глубины океанов и недра гор. Во всех уголках Земли жизнь в химическом отношении в основном одинакова. Преобладают углеродные соединения, и поэтому мы обычно говорим, что в основе нашей жизни лежит углерод — шестой элемент периодической системы.

Как правило, атом углерода состоит из шести протонов с положительными единичными зарядами, шести нейтронов, которые увеличивают массу, но не влияют на заряд ядра, и шести отрицательно заряженных окружающих ядро электронов, уравнивающих положительный заряд ядра. Шесть электронов атома углерода, согласно принятой модели атома, находятся в двух оболочках — два внутренних электрона в так называемой *K*-оболочке, а остальные четыре — по внешней *L*-оболочке. Эта электронная структура записывается как 2-4. Следующий элемент таблицы — азот — имеет строение

2-5, а кислород 2-6. Благодаря структуре своих электронных оболочек эти элементы, в частности углерод и кислород, легко соединяются друг с другом, а также с водородом и другими элементами, входящими в состав организмов.

В том же вертикальном столбце периодической системы, в котором помещается углерод, находится и другой, тоже очень распространенный элемент. На Земле он почти в двести раз обильнее углерода. Это кремний, который составляет почти четвертую часть земной коры. А в своем обычном молекулярном соединении с кислородом (песок) он входит в состав почти трех четвертей всех горных пород. Структура его электронных оболочек 2-8-4. Четыре электрона внешней *M*-оболочки способствуют соединению этого атома с водородом, азотом и кислородом. Подобно углероду, он может входить в состав газообразных, твердых и жидких соединений. Только CO_2 газообразен при комнатной температуре, а SiO_2 — лишь при температурах выше 2500°C . Соединения этих двух элементов обладают как некоторыми различиями, так и многими сходными свойствами. Мы должны заметить, что, хотя жизнь, основанная на кремниевых соединениях (в отличие от углеродных), маловероятна, отвергать такую возможность мы все-таки не должны. «Кремниевый» тип жизни мы распознали бы, возможно, не без труда, так как вовсе не обязательно возникновение аналогичных сложных органических молекулярных соединений или существование процесса, тождественного фотосинтезу. Точно так же необязательно, чтобы обмен веществ у организмов, основанных на кремнии, происходил бы так же, как у наших углеродно-водородно-азотных организмов.

Как возможные заменители кислорода в биохимическом развитии предлагались другие элементы, например, сера с электронной структурой 2-8-6. Мы, безусловно, не должны ограничивать возможности биологической жизни только теми планетами, атмосфера, гидросфера и литосфера которых сходны с земными. Предположение, что на других планетах могут существовать другие пригодные для развития жизни химические соединения, могло бы существенно исправить оценку числа планет, благоприятных для органической жизни.

Приспособление к окружающим условиям, отличным от земных

Следует также учитывать, что организмы могут постепенно приспособиться к химическим и климатическим условиям, которые заметно отличаются от условий, в которых находятся земные организмы в настоящее время. Условия, смертельные для нас сегодня, могли бы стать терпимыми при медленном приспособлении к ним. Известно, что яды, принимаемые в малых, но постепенно увеличиваемых дозах, иногда теряют свою токсичность. Если бы мы на протяжении эпох привыкали к ультрафиолетовому излучению, мы могли бы, вероятно, вынести в настоящее время гораздо большую дозу его. Можно даже утверждать, что жизнь на Земле в раннюю эпоху ее существования была подвержена действию очень интенсивного ультрафиолетового излучения, так как современный озоновый «барьер» на высоте порядка 35 км над Землей, по-видимому, в значительной части является побочным продуктом постепенной эволюции атмосферы, начавшейся уже после того, как растительность стала выделять свободный кислород в большом количестве.

Биологическая приспособляемость к разнообразным физическим, химическим и климатическим условиям могла в значительной степени расширить зоны жизни вокруг какой-либо звезды. Например, *Homo sapiens*, обладающий наибольшей приспособляемостью, теперь с успехом живет на всей Земле под защитой одежды, кожного пигмента, солнечных зонтиков и домашнего отопления. Человек с кислородным баллоном может подниматься на большие высоты, где давление ниже нормального; он не боится высокого давления в шахтах и глубинах океанов, если только имеется все необходимое для имитации естественных условий жизни. Многие животные и растения постепенно приспособились к подобным условиям и переносят их лучше, чем человек. Жизнь насекомых в горячих источниках, лишайников — в полярных зонах, морских форм — при необычайно высоком давлении в глубинах океанов, — все это подтверждает широкий диапазон приспособляемости и поддерживает нашу веру в то, что развитие жизни, даже если оно огра-

ничено углеродно-водородно-азотными соединениями, не исключено и на тех планетах, условия на которых значительно отличаются от условий в наших современных умеренных и тропических поясах.

Возможно, одна звезда из миллиона

Предыдущее рассмотрение предельных климатических и физических условий, при которых жизнь тем не менее продолжает существовать, и вероятность возникновения и эволюции органических соединений, основанных на иных (отличных от земных) химических соединениях, приводят нас ко второй переоценке вероятности распространенности жизни во Вселенной. Мы убеждаемся, что увеличение нашей предварительной оценки в миллион раз вполне законно и следует ожидать по крайней мере 10^{14} планет с условиями, пригодными для существования там высокоразвитых организмов. Иначе говоря, мы предполагаем, что по крайней мере одна звезда из каждого миллиона звезд поддерживает деятельность протоплазмы, достигшей высокого уровня развития на одной или нескольких планетах. На многих из этих планет (но не обязательно на всех 10^{14}), вероятно, осуществляется взаимосвязь растений и животных, аналогичная той, в которой участвуем мы сами.

Углеродный и кислородный обмен можно в определенном смысле считать «дыханием» жизни. Он складывается из необходимого поглощения углекислого газа (растениями) и кислорода (животными), с одной стороны, и выделения кислорода (растениями) и углекислого газа (животными) — с другой. Это — космический симбиоз. При полном отсутствии животных на какой-нибудь планете растительность, существующая благодаря фотосинтезу, быстро ощутила бы недостаток углекислого газа, так как растения должны были бы зависеть в основном от нерегулярно действующих вулканов, естественных пожаров и продуктов собственного гниения. При полном же отсутствии растений животные, конечно, не только сразу же умерли бы от недостатка еды, а просто никогда бы не развились. Мы, животные, используем как сами растения для усвоения углерода, так и освобождаемый ими

кислород, чем обеспечиваем процессы питания и дыхания. Для растений мы служим одним из источников углекислого газа, а наши останки — удобрениями. Нашу взаимосвязь можно сравнить с натуральным меновым хозяйством.

Жизнь на планете X

В настоящее время мы не можем точно сказать, где находятся эти обитаемые планеты. Возможно, мы никогда не сможем это установить, так как они всегда будут невидимы для нас, «утопая» в блеске своих звезд, а мы, находясь на Земле, изолированы в пространстве и пока еще вооружены примитивной аппаратурой. Хотя их нельзя ни увидеть, ни сфотографировать, мы устанавливаем их существование при помощи теории вероятности. В нашей Галактике должно быть по крайней мере 100 000 планет (если мы примем оценку, сделанную автором) или их всего лишь примерно одна на каждые десять галактик (если исходить из самых строгих ограничений).

Мы не можем также сказать, какого вида организмы населяют эти другие миры. Только ли это растения, животные и простейшие (одноклеточные) организмы? Или, может быть, это иные царства высокоразвитых существ — ни растений, ни животных, ни каких-то промежуточных форм? Мы были бы, вероятно, потрясены, если бы вполне развившееся дерево время от времени вытаскивало свои корни из земли и перекочевывало в места с более плодородной почвой или если бы животное иногда отказывалось от возможности передвигаться, пускало бы корни и питалось через почву и путем фотосинтеза. Но ведь известны и более поразительные процессы на низших ступенях развития биологической жизни Земли. Возможно также, что хлорофилл, каротин, ксантофилл — не единственные средства «захвата» солнечной энергии. У нас выработалась потребность в тех длинах волн, которые излучает наше желтое Солнце. Звезды более красные и более голубые способствовали бы возникновению и развитию таких форм жизни, которые процветали бы при излучении в более красной или более голубой части спектра. Преобразова-

тели химической энергии в этих случаях могут даже не походить на наш хлорофилл.

Хотя о жизни на планете X — некоей неизвестной планете, обладающей высокоразвитой жизнью, — можно строить только гипотезы, вполне естественно ожидать, что у нее есть много сходного с некоторыми формами жизни на Земле. В самом деле, не поразительно ли, что биохимические свойства и основные закономерности роста одинаковы у тысяч видов животных и растений, которые по внешнему виду и по размерам очень сильно отличаются друг от друга? Клевер и секвойя имеют много общего и в движении сока, и в структуре стеблей, и в функциях корней и листьев. У мышей, китов и людей сердце, легкие и мозг имеют сходное клеточное строение и в основном действуют одинаково. Параллелизм эволюционных ступеней и достигнутых результатов, часто встречающийся у земных животных, подтверждает, что в биохимической эволюции неизбежна определенная последовательность. Свойства атомов и молекул, по-видимому, таковы, что рост молекулярных систем и развитие организмов имеют тенденцию придерживаться определенного направления. Мы могли бы назвать это врожденным ортогенезом, являющимся следствием свойств органических молекул. Но тогда можно ожидать, что на планете X будут происходить биологические процессы, в значительной мере подобные земным, причем конечные результаты этих процессов будут сравнимы с нашими.

Замечательный образец параллелизма в развитии дают, например, земные общественные насекомые. У муравьев-«земледельцев» и некоторых видов термитов сходны многие характерные свойства: размеры тела, наличие резко отличающихся друг от друга особей, существование среди них бесплодных рабочих и откладывающих яйца маток; то же можно сказать и об использовании ими некоторых видов грибов, об утрате маткой крыльев, о тщательном воспитании и уходе за молодыми особями и терпимости к нерабочим особям. Но, несмотря на эти поразительные черты сходства, термиты и муравьи вовсе не близкие родственники. Филогенетически они так же далеки друг от друга, как человек от кита или летучей мыши. Но основные химические и физические законы

ясно указывают, что термиты, пчелы, осы и муравьи в их тысячах видов должны были прийти к своим сложным общественным организациям в основном одним и тем же путем.

В одних и тех же условиях смесь химически чистых элементов всегда дает один и тот же результат, будет ли это аромат, взрыв или цвет. Вероятно, можно ожидать, что в результате соединения звездного света, воды, углерода, азота и других элементов при почти сходных физических условиях повсюду появятся животные, имеющие много общего в строении и функциях органов, и растения, обладающие определенными стандартными свойствами, несмотря на огромные морфологические различия. Если бы мы посетили планету, идентичную нашей по массе, температуре, возрасту и строению, мы, вероятно, не нашли бы в ее биологии чего-либо странного, выходящего за пределы нашего понимания. Мы были бы удивлены не больше, чем если бы перенеслись назад на 150 000 000 лет в каменноугольный период нашей собственной планеты, когда на суше и море господствовали огромные ящеры, а птиц, млекопитающих и цветковых растений не было совсем.

Вот почему мы подозреваем, что жизнь на планетах X, Y, Z и т. д. может иметь много общего с жизненными формами на планете Земля. Она должна быть такой благодаря углеродным соединениям, а также потому что везде во Вселенной, которую мы изучаем, наблюдается один и тот же химический состав и господствуют одни и те же законы природы.

Радуги и космическая химия

Несмотря на большой и важный вклад биохимии в изучение вопроса о происхождении жизни (в том числе и тех данных, на которые мы будем ссылаться в главе 9), тайна возникновения жизни полностью не разгадана. Имеются разногласия и недоработанные вопросы, большей частью запутанные и трудно разрешимые. Однако за последние годы прогресс в этой области столь заметен, что можно было бы вполне заменить слово «тайна» словом «головоломка» и, отложив традиционное оружие дискуссии, отдать предпочтение тонким инструментам биохимии и микробиологии.

Судя по всему, древние философы и теологи, пытавшиеся объяснить происхождение жизни, не могли убедить в своей правоте ни себя, ни окружающих. Сто лет назад, используя библейскую аргументацию и схоластическую терминологию, они организовывали многословные баталии против биологов, которые прибегали к помощи наблюдений — тем ланцетам, которые с легкостью вскрывали теологические покровы. Биологи фактически заменили проблему смутной тайны происхождения самосознающего человека вполне определенным вопросом о происхождении и природе всей жизни — обезьян и мышей, водорослей и дубов — всего, что ползает, летает, плавает, дышит и участвует в процессе обмена веществ. Сторонники сверхъестественного происхождения жизни отступили, но многие ученые, к несчастью, переусердствовали, приняв исключаящую бога, но бесплодную механистическую философию. В результате главное сражение закончено и установлено перемирие, но перестрелка из укрытий продолжается.

Звезды и тайна самовоспроизводящихся макромолекул

В прошлом астроному приходилось не много размышлять над загадками происхождения жизни. Его руки, глаза и мысли были полностью заняты неживыми объектами. Откуда взялись кометы? С чего началось вращение галактик? Почему планеты расположены в пространстве именно так, а не иначе? Как возникла современная Вселенная? Когда, где, почему? Тайн — в избытке, и за исключением некоторых довольно примитивных гипотез о марсианах астрономы совершенно не интересовались, казалось бы, далекими от них проблемами биогенезиса.

Но с тех пор многое изменилось. Целый ряд наук оказался вовлеченным в круг этих вопросов. Возникновение и возраст планет, в особенности их ранняя история, стали решающими факторами в проблеме происхождения жизни. Ясно, что теперь астроном действительно должен внести свой вклад в этот вопрос. Геолог через палеонтологию всегда был тесно связан с теми, кто интересуется жизнью и ее ранними этапами на этой планете. Метеоролог, особенно палеоклиматолог, также принимает участие в этой работе. А физик, химик и математик? Без них не обходится исследование никаких механических, динамических и электрических явлений.

Удивительный случай самоудвоения молекулы требует для своего объяснения (или хотя бы подхода к решению этого вопроса) искусства следопытов всех упомянутых выше специальностей, за исключением, пожалуй, сторонников догматической теологии!

Правда, последнее утверждение не совсем справедливо. Немало есть теологов, уважающих свои доктрины, но извлекающих пользу из научных достижений. Они предпочитают идти в ногу со временем, чем неуклюже отступать перед очевидными фактами эволюции. И ученые выигрывают от такого содружества: благодаря ему смягчается кажущаяся суровость космического закона.

Среди религиозных учений есть такие, которые не остались «вмерзшими» в некоторую данную эпоху, не окостенели в ней; проповедники этих учений понимают, сколь губителен прогресс знаний для древних верований. Некоторые философы (их не слишком много) проверяют

и переоценивают свои взгляды и идут дальше. Они рассматривают космологические модели и согласовывают их с разнообразными данными биологии и физики. Более того, эта эволюция доктрины не обязательно происходит постепенно, медленно или преодолевая сопротивление. В областях, управляемых человеком (а такой областью является способность человека разумно рассуждать), следует приветствовать благодетельные перемены и, если можно, побуждать к ним. Ведь изменение, рост, развитие являются неотъемлемыми свойствами нашей живой динамической Вселенной и распространены повсюду. «Если бы все, что существует, было постоянным в этом мире, твой черед никогда бы не наступил».

Эволюции подвержены не только звезды, галактики, кора планет, животные, растения и общества, но она затрагивает также социальную политику, этические нормы человека и религиозные учения, которые он исповедует. Что, кроме науки, рассматриваемой в самом широком смысле слова, может быть той фундаментальной культурной почвой, на которой мы растим и обновляем наши религиозные учения? Должны ли эти учения в своем большинстве оставаться неизменными и неразумными?

Мне представляется здесь уместным, прежде чем мы перейдем к подробному рассмотрению внеземной химии, процитировать одного из руководящих деятелей церкви по вопросу об изменчивости и развитии повсюду во Вселенной. Выдержки взяты из обращения папы Пия XII к Ватиканской академии наук в 1951 г.

«На первый взгляд поистине удивительно наблюдать, как по мере прогресса научных знаний признание изменчивости завоевывает все больше и больше позиций и в макрокосмосе, и в микрокосмосе, как бы подтверждая новыми доказательствами теорию Гераклита: «Все течет (*panta rhei*)»... Как известно, наш собственный повседневный опыт обнаруживает огромное количество превращений в окружающем нас мире, и вблизи и вдали от нас, в частности местное движение тел... Идя дальше, естествознание установило, что эта химико-физическая изменчивость не ограничена, как думали древние, земными телами, но простирается даже на все тела нашей солнечной системы и

грандиозной Вселенной, которая, как было показано при помощи телескопа и в еще большей степени спектроскопа, состоит из одних и тех же видов атомов...

Однако даже наряду с неоспоримой изменчивостью неживой природы все еще существовала загадка необъясненного микрокосмоса. Казалось, что в отличие от органического мира неорганическая материя в определенном смысле неизменна. Ее мельчайшие части — атомы вещества, хотя и способные соединяться самым разнообразным образом, представлялись образцом вечной устойчивости и неделимости, так как они оставались неизменными при любом химическом синтезе и анализе. Каких-нибудь сто лет назад элементарные частицы рассматривались еще как простые, неделимые и неразрушимые. То же самое предполагалось в отношении материальной энергии и сил Космоса: в основе этого представления лежали фундаментальные законы о постоянстве массы и энергии... Возрастающие знания о периодической системе химических элементов, открытие корпускулярного излучения радиоактивных элементов, а также многие другие аналогичные факты показали, что микромир химического атома, измеряемого десятиллионными долями миллиметра, подвержен непрерывным изменениям...

Самая первая скромная попытка разрушить ядро (азота) была предпринята едва ли более чем тридцать лет тому назад, но лишь в последние годы при вводе в игру громадных сил оказалось возможным стимулировать те многочисленные процессы, при которых происходит и соединение, и расщепление ядер. Хотя этот результат должен быть отмечен как триумф века за тот вклад, который он вносит в дело мира, в области практической ядерной физики это всего лишь первый шаг. Однако он позволяет нам сделать важный вывод, а именно, что несмотря на то, что атомные ядра на много порядков прочнее и устойчивее обычных химических соединений, в принципе они также подчинены аналогичным законам превращения, т. е. изменяемы.

Одновременно было доказано, что такие процессы имеют величайшее значение в экономике расхода-

ния энергии звездами. Например, в центре нашего Солнца, согласно Бете, при температурах, которые доходят до 20 миллионов градусов, происходит цепная реакция, в результате которой четыре ядра водорода объединяются в одну ядро гелия. Освобожденная при этом энергия идет на компенсацию потерь, обусловленных излучением самого Солнца...

Если ученый мысленно представит себе будущее Вселенной, особенно весьма отдаленное будущее, он будет вынужден признать, что и в отношении макрокосмоса, и в отношении микрокосмоса мир постареет. На протяжении миллиардов лет даже кажущиеся неисчислимыми атомные ядра растратят всю свою энергию и вещество можно будет сравнить с потухшим вулканом, покрытым шлаком. Сама собой напрашивается мысль, что если современный Космос, который так ритмично пульсирует и в котором есть жизнь, не в состоянии, как мы видим, объяснить себя сегодня, то еще меньше оснований надеяться на объяснение в грядущем, когда над Космосом пройдет тень смерти...

Если мы оглянемся в прошлое, в ту эпоху, когда начался процесс «расширения Вселенной», то придем к выводу, что 1000—10 000 миллионов лет назад вещество спиральных туманностей (галактик) было сжато в относительно ограниченном пространстве — к этому времени относится начало космических процессов.

Чтобы вычислить возраст (твердой коры Земли по возрасту) первичных радиоактивных веществ, были взяты довольно приближенные данные о превращении изотопа урана 238 в изотоп свинца (Ra G) или изотопа урана 235 в актиний D (Ac D) и изотопа тория 232 в торий D (Th D). Масса образовавшегося при этом гелия может быть использована для контроля. Этот способ приводит к заключению, что средний возраст самых старых минералов составляет самое большее пять миллиардов лет...

Касающиеся обсуждаемой проблемы данные естественных наук, на которые мы ссылались, требуют дальнейших исследований и подтверждений, а осно-

ванные на этих данных теории нуждаются в дальнейшем развитии и проверке. Лишь в итоге такой работы эти теории смогут стать прочной базой для аргументов, которые сами по себе находятся вне круга вопросов, подлежащих ведению естественных наук. Нельзя вместе с тем не отметить, что некоторые новейшие научные школы рассматривают идею творения Вселенной как согласующуюся с их научными концепциями, причем они пришли самостоятельно к этой идее в результате научных исследований. Всего лишь несколько десятилетий назад любая подобная «гипотеза» была бы отвергнута как совершенно несовместимая с современным уровнем науки»¹.

Космическая химия и астроном в роли следопыта

Вернемся вновь к вопросу о том, что в настоящее время в расследование так называемой тайны жизни включаются ученые самых различных специальностей. Астроном, в частности, располагает необходимыми сведениями для обоснования разумной гипотезы о возрасте земных пород и о вероятных температурных условиях на поверхности Земли много тысячелетий назад.

Второй вклад астронома проявляется в том, что, не ограничиваясь живыми организмами нашей планеты, он стремится выяснить вопрос о распространенности биохимических процессов во Вселенной. Мы уже установили существование в метagalактическом пространстве мириад пригодных для жизни планет. Вопрос теперь сводится к тому, какова вероятность, что планеты, благоприятные

¹ Автор книги не решается сказать, что наука подрывает *всякую* религию, и говорит лишь о том, «сколько гибелен прогресс знаний для *древних* верований». Приводимая пространная выдержка из папского обращения фактически говорит только о стремлении отживающего мировоззрения как-то приспособиться к прогрессу науки, сокрушающему самые основы религии. Это вынужденное приспособленчество религии лучше всего показывает ее неспособность «познать» что-либо вне и помимо науки. Но приспособляясь к науке, церковь вместе с тем стремится приспособить ее для своих целей (о чем говорят и заключительные фразы данной цитаты) и тем самым сковывает разум человека.— *Прим. ред.*

для жизни, действительно заселены биологическими организмами. Мы не уточняем природу этой жизни — сходна ли она с земными формами или же совершенно отлична от них. Ведь вследствие недостатка кислорода, избытка водорода, слишком низкой или слишком высокой плотности атмосферы, а также по другим причинам биохимическое развитие могло пойти иными путями, чем на Земле.

Можно только поражаться, какие великие гипотезы о химических процессах во всей Вселенной мы можем логически развивать, находясь на нашей планете, располагая лишь крохотным ее образчиком. Ведь подвергнуть химическому анализу можно только то, что у нас есть. Земля состоит из шести тысяч квинтильонов тонн воды, воздуха и горных пород (главным образом горных пород). Но эта величина — пустяк по сравнению с массой вещества Солнца, которая больше массы Земли в триста тридцать тысяч раз. А ведь Солнце — лишь одна из более чем ста квинтильонов звезд. В действительности мы можем проанализировать в химической лаборатории только небольшую часть каменистой земной коры. Нам довольно хорошо известен состав океанов и нижней атмосферы. Но сколь это ничтожно мало для грандиозных обобщений! Правда, у нас есть немного внеземного вещества — это упавшие метеориты. Однако пополнение массы Земли за счет метеоритов не имеет значения, и по ним можно узнать очень немного в дополнение к тому, что нам уже известно. Химический анализ метеоритов показал, что, по всей вероятности, в окрестностях Солнца нет ничего нового, т. е. не существует каких-либо элементов, которые не были бы обнаружены в солнечной атмосфере или земной коре. Некоторые из минералов в метеоритах встречаются в соединениях, отличных от тех, которые мы находим на Земле. Но ведь мы не проникали глубоко в недра Земли, где давление высоко и где относительное содержание элементов иное, чем вблизи ее поверхности. Возможно, большие метеориты являются осколками ядра какой-либо давным-давно разорвавшейся планеты.

Нашу атмосферу бомбардируют космические лучи, приходящие из внешнего пространства (главным обра-

зом, протоны). Некоторым из них удастся пройти сквозь всю атмосферу. И, конечно, до земной поверхности доходят из внешнего пространства свет звезд и космические радиоволны. Но только метеориты приносят извне сведения, пригодные для лабораторных исследований. У нас в руках нет никаких образцов с Марса или Юпитера, нет еще даже образца породы нашей ближайшей соседки Луны. Существующее положение напоминает строгую и почти полную изоляцию любознательного человека от остальной Вселенной, которой он так интересуется. Конечно, изоляция будет полной для мотыльков, растений или животных, которых мы склонны ставить ниже человека, если не по любознательности, то по интеллекту. И животные и человек одинаково привязаны к Земле, но последний борется против этой изоляции.

Эта довольно безнадежная оторванность *Homo sapiens* от звезд и других планет прекратилась около ста лет назад, когда химия «вознеслась до небес», и человек внезапно оказался в материальном контакте с Солнцем, звездами и светящимися туманностями. Человек мог больше не страшиться своей изоляции. Межзвездные расстояния уже не препятствовали познанию химических законов Космоса.

Рассказ об этом «чуде» мы начнем с весьма древней эпохи истории человечества и, продолжая его, будем вынуждены коснуться некоторых довольно специальных вопросов, которых едва ли можно избежать, если мы встали на путь познания природы Вселенной и человека.

Радуга и спектры звезд

На протяжении веков многоцветная радуга, сопровождающая грозные облака, брызги водопадов и фонтанов, оставалась прекрасным и загадочным зрелищем. Древние жители острова Ниас, например, «трепетали при виде радуги, так как они думали, что это сеть, раскинутая мощным духом, чтобы поймать их тени»¹. У древних евреев радуга почиталась как провозвестник конца всемир-

¹ Sir J. G. Frazer, *Taboo and the Perils of the Soul*, London, 1936, p. 79.



I. Туманность Конская голова в созвездии Ориона — смесь космической пыли, водорода, гелия, кислорода, углерода и азота, излучение которых возбуждается сверхгорячей звездой вблизи туманности.

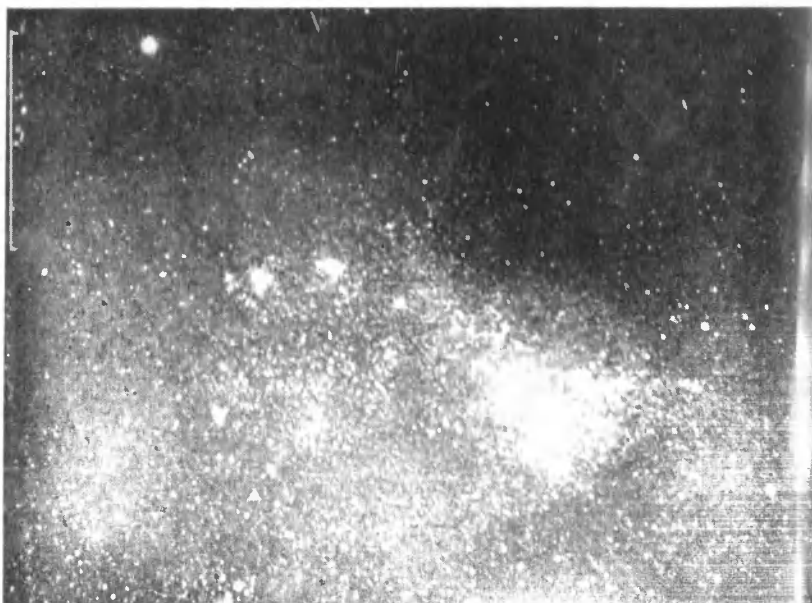
II. Туманность Андромеды. Светящееся вещество, из которого, как полагают, образуются звезды, имеется в большой галактике Андромеды и во многих других галактиках. Этот факт показывает, что процесс звездообразования во Вселенной еще не завершен.





III. Туманность вблизи η Киля — украшение южного неба. Возможно именно здесь из несветящихся протозвезд возникают звезды.

IV. Малое Магелланово Облако. Все многочисленные классы звезд и туманностей в Магеллановых Облаках имеют свои прототипы в нашей Галактике.



ного потопа¹. Но более глубокий смысл и более реальное значение имеет радуга для космографии: это — ключ к сложной природе света, ключ, которым мы научились пользоваться лишь сравнительно недавно.

Преломление света каплями воды и зависимость величины отклонения светового луча от длины волны как причина радуги были установлены задолго до того, как астрономы стали применять этот принцип при анализе звездного света. Но полная и правильная теория, которая объяснила, что в радуге отражен солнечный спектр, была принята не скоро и не сразу. Аристотель и Сенека ошибались. В XIII в. Гроссетест из Оксфорда и Витело Силезский напали на верную идею о преломлении света дождевыми каплями. Позднее Теодорик из Фрейбурга объяснил главную и вторичную радуги различными сочетаниями преломления и отражения света. Его многочисленные последователи улучшили эту сложную теорию. В их числе были такие ученые, как Декарт, Эдмунд Галлей, Ньютон, Томас Юнг и королевский астроном Джордж Эри, который в 1838 г. объяснил почти все. Однако радуга, хотя она и обусловлена солнечным светом, является метеорологическим явлением, связанным с Землей, а наши интересы устремлены к звездному свету как к путеводителю по космической химии.

В 1666 г. опыты Исаака Ньютона со стеклянной призмой, на которую падал солнечный свет, проходивший через узкое отверстие в темную комнату, показали, что белый солнечный свет состоит из всех цветов, причем каждый цвет имеет свой собственный угол преломления (отклонения). Однако вся мощь спектрального метода была продемонстрирована лишь тогда, когда Волластон из Лондона и немецкие ученые Фраунгофер и Кирхгоф открыли и объяснили «разрывы между цветами» на фоне непрерывного спектра. Вскоре установили, что это темные линии, потом поняли, что это линии поглощения, затем узнали, что это ключ к разгадке химических элементов в солнечной атмосфере. Эти ученые и их последователи около ста лет назад открыли новую плодотворную эру спектроскопии. Лабораторный анализ света по-

¹ Библия, книга Бытия, глава IX, стих 13.

казал, что любое вещество, как, например, натрий, сера, кальций и железо, если это вещество надлежащим образом нагрето и «возбуждено», характеризуется набором ярких линий излучения в присущих только этому веществу длинах волн, т. е. в определенных местах спектра.

В солнечном спектре это излучение превращается в характерные темные линии поглощения. Из этого следует, что разнообразные атомы в солнечной атмосфере задерживают (поглощают) солнечное излучение в определенных длинах волн. Атомы какого-либо элемента излучают и поглощают в одних и тех же длинах волн; непрерывное же излучение фона, которое они поглощают, порождается более горячим излучением лежащих ниже слоев Солнца.

Несмотря на то, что еще на заре развития спектроскопии было установлено, что линии в солнечном спектре дают сведения о химическом составе атмосферы Солнца, 125 лет назад знаменитый философ Огюст Конт торжественно объявил, что мы никогда не узнаем, из чего состоят звезды. Спустя всего несколько десятилетий сэр Уильям Хёггинс в Англии, Секки в Риме и другие сообщили о химическом составе ярких звезд. А когда астрономы стали пользоваться фотографической пластинкой в качестве объективного регистратора излучения звезд, классификация как ярких, так и слабых звезд на основе их химического состава стала одной из важнейших задач астрономов. В начале нашего века эта работа была в основном сконцентрирована в Гарвардской обсерватории в руках Антонии Мори и Энн Кэннон и существенно дополнялась исследованиями на Ликской обсерватории (Калифорния, США), в Потсдаме (Германия), в Пулкове (Россия) и в Ватиканской обсерватории. Вопреки утверждениям Конта препятствия, стоявшие на пути к познанию химии Космоса, были преодолены. Это замечательное достижение блестяще иллюстрирует, насколько ошибочно утверждать, что нечто, еще не познанное, останется непознанным навсегда.

Везде одна и та же химия, одна и та же физика

Некоторые сведения о звездах, полученные при помощи спектрального анализа, помогут нам в ориентировке в мире атомов. Тем, кто найдет употребляемую здесь терминологию слишком специальной, я рекомендую пропустить эту главу; основной вывод будет сформулирован в самом конце ее.

1. При помощи спектрального анализа света можно непосредственно изучать только поверхность звезд, но, используя теоретическую астрофизику и математические методы, мы смело проникаем под поверхность звезды и на основании спектра, излучаемого поверхностью звезды, и ее полной светимости получаем достоверные сведения о химическом составе, который должен быть в глубоких недрах.

2. Согласно классификации, предложенной Кэннон, все звезды можно разделить на 60 классов и подклассов, расположенных в порядке изменения поверхностной температуры звезд, так как от температуры зависит наличие или отсутствие различных спектральных линий, а также цвет звезды. Красная звезда Бетельгейзе — холодный гигант — имеет спектр, богатый линиями поглощения; у желтоватой Полярной звезды линий гораздо меньше, а поверхность голубоватого Ригеля в Орионе настолько горяча, что в его спектре видны только линии поглощения водорода и гелия. Недавно американские и шведские астрономы уточнили систему спектральных классов. Классификация Кэннон, основанная на температуре, дополнена классификацией по светимости (силе света) звезд. Таким образом, классификация звезд стала как бы двумерной. Эта «субклассификация» очень удобна при оценке силы света, а следовательно, и расстояний звезд многих типов.

3. Как видно из каталога Кэннон, спектры около 20 % звезд аналогичны спектру нашего Солнца; это означает, что более сорока тысяч соседних звезд подобны Солнцу по цвету и химическому составу поверхности. Это соотношение, вероятно, выдерживается в среднем во всей нашей Галактике и других галактиках; только в галак-

тическом ядре содержится больше звезд типа Солнца, чем в спиральных рукавах.

4. Трудно получить хорошую фотографию спектра целой галактики. Однако, насколько нам известно, они такие, какими их следовало ожидать, т. е. смесь всех спектральных классов. Фактически эти спектры очень похожи на спектр Солнца — класс G0, который находится в середине спектральной последовательности между самым горячим классом В и самым холодным классом М.

5. В настоящее время известны спектры некоторых отдельных звезд в отдаленных галактиках. Они совершенно такие же, как спектры звезд в нашей Галактике, т. е. наблюдение опять подчеркивает общность химического состава всей изучаемой нами Вселенной. В Магеллановых Облаках — ближайших к нам галактиках — сфотографированы спектры сотен звезд. Все они обычных типов. У всех многочисленных классов звезд и туманностей, обнаруженных в Магеллановых Облаках, имеются прототипы в нашей Галактике.

6. В этих двух ближайших к нам галактиках, которые имеют неправильную форму, не будучи ни симметричными спиралями, ни округлыми сфероидами, обнаружены почти все известные разновидности переменных звезд; эти звезды, блеск которых меняется, свидетельствуют об эволюционных процессах. Их спектральные классы охватывают область от красноватых М и N (долгопериодические переменные), через желтоватые К, G, F (классические цефеиды) до А и В, характеризующих горячие звезды.

7. Среди переменных есть затменные двойные звезды, главным образом спектрального класса В. Изменение их блеска можно изучать примерно так же, как исследовались свойства знаменитой затменной звезды Алголь в нашей Галактике. Можно вычислить их массу, относительное движение, температуру, плотность, размеры. Мы видим, что в других галактиках господствуют те же законы небесной механики, тяготения и излучения, или, короче говоря, справедлива та же физика, что и у нас. Мы приходим к важному обобщению, что во всей доступной изучению Вселенной справедливы одни и те же законы физики и химии.

8. В заключение рассуждений, к которым привела нас разноцветная радуга, я хочу обратить ваше внимание еще на одно наблюдавшееся в старину явление, которое в настоящее время удивляет нас куда в меньшей степени, чем наших далеких предков. Этим мы также обязаны спектральному анализу. Я имею в виду созвездие Ориона, точнее «меч» Ориона и его туманную центральную звезду. Спектроскоп оказался в состоянии рассказать то, чего не мог знать библейский Иов, а именно, что туманность Ориона представляет собой массу газообразного кислорода, водорода, углерода и азота, свечение которых возбуждается ближайшими сверхгорячими звездами.

9. Спектроскоп действительно обнаружил широкую распространенность в межзвездном пространстве газообразного вещества, из которого состоят звезды, и, что имеет еще большее значение в данном пункте нашего изложения, показал, что такие же светящиеся туманности есть и в Магеллановых Облаках, в большой галактике Андромеды, а также повсюду в Метагалактике. Это открытие очень важно, так как оно указывает, что процессы созидания во Вселенной еще не закончены и, возможно, никогда не будут закончены. Наличие рассеянного вещества наводит на мысль, что, вероятно, галактики, так же как и звезды (и, может быть, планеты), непрерывно образуются в соответствии с естественными законами движения газов, небесной механики и распространения света,— законами, которые мы уже довольно хорошо постигли¹.

Радиосигналы из космического пространства

В качестве послесловия к этой главе об ориентировке при помощи спектра уместно сообщить о том, что созданные недавно радиотелескопы успешно работают в диапазоне длин волн от сантиметра до тридцати и более метров. Например, можно указать, что эти большие при-

¹ В настоящее время благодаря работам акад. В. А. Амбарцумяна и других ученых уже не может быть сомнения в том, что образование звезд и других космических объектов происходит и в нашу эпоху. См. подпись к рис. II и III.— *Прим. ред.*

емники радиоизлучения обнаружили во всех частях Метагалактики, начиная от близлежащих спиральных рукавов нашей собственной системы и кончая скоплениями галактик, находящимися на расстояниях сотен миллионов световых лет, слабое излучение атомов холодного межзвездного и межгалактического водорода. Это излучение на волне 21 см, существование которого было предсказано на основе теории строения атома, было затем обнаружено у нашего Млечного Пути, а вскоре его стали широко использовать в своих исследованиях радиоастрономы. Ниже дается перечень некоторых последних открытий в области радиоастрономии. Все они имеют самое непосредственное отношение к космографии.

1. Установлено, что Магеллановы Облака окружены нейтральным водородом низкой плотности (нейтральным в смысле электрического заряда в отличие от ионизованного водорода, который светится в туманности Ориона).

2. Удалось проследить спиральные рукава нашей собственной Галактики благодаря открытию в них избытка нейтрального водорода.

3. Обнаружено красное смещение радиоволн, длина которых в полмиллиона раз больше, чем длина волн видимого излучения. Тем самым было еще раз доказано, что Вселенная расширяется.

4. При помощи радиолокации в земной атмосфере бесчисленного количества метеоров подтверждено наличие в межзвездном пространстве дрейфующей пыли, которая, как полагают, является одним из компонентов, входящих в состав эволюционирующих звезд.

5. В настоящее время приняты естественные «радиосигналы» с некоторых планет. Особенно это относится к Юпитеру с его облачной поверхностью. Подозревают, что источником сигналов являются электрические разряды (грозы) внутри и вокруг так называемого красного пятна Юпитера. Может быть, это молнии Юпитера?

6. Солнце, Млечный Путь, остатки сверхновых звезд и сотни неотожествленных радиозвезд в далеком космическом пространстве — все они излучают сигналы, принимаемые на Земле. Новая отрасль астрономической науки оказалась поистине если не чудотворной, то сенсационной.

Нет необходимости добавлять, что слово «сигнал» во все не означает, что каждый из этих импульсов создается живым существом. Для возникновения радиосигналов не всегда требуется участие биологических организмов. Молнии и вихри солнечных пятен тоже порождают сигналы, которые имеют естественное физическое происхождение.

Резюмируя все изложенное в двух последних разделах, можно сказать, что спектроскопы, радиотелескопы, научная методология и математика в руках физика объединенными усилиями выявили однородность строения, состава и свойств Космоса и гарантируют исследователю на планете № 3, что законы природы, открытые на Земле, справедливы повсюду во Вселенной.

Четвертое приспособление¹

В ходе развития человеческого разума при постепенном углубляющемся познании окружающего мира должен был наступить такой момент, когда философы древних народов начали ясно сознавать, что мир не антропоцентричен, т. е. человек не является центром мира. По мере развития общества таким центром стало казаться поселение. Это было естественное представление, вытекающее из видимой кругообразности горизонта и увеличивающейся неопределенности мира с увеличением расстояния от дома. Но в странах с высокой цивилизацией (на Ближнем и Среднем Востоке, а может быть, и в других местах) уже несколько тысячелетий назад начали задумываться над движением Солнца, звезд и планет по небосводу. Мореплаватели нашли свидетельства кривизны поверхности океанов и суши, на основании чего люди пришли к убеждению, что скорее всего именно центр сферической Земли, а не какой-то участок земной поверхности является центром мира. Это представление не противоречило видимым движениям Луны, планет, Солнца и звезд. Таким путем геоцентрическое представление стало общепринятым у большинства цивилизованных народов древности.

Это *первое приспособление* человека к остальной части материальной Вселенной было очень слабым ущемлением его «я», так как человеку казалось, и не без основания, что он превосходит все остальные формы жизни. Он не усматривал каких-либо причин для скромности. Лично он не был центром мира, но зато его Земля обладала таким отличительным свойством.

¹ В основе этой главы лежит статья, опубликованная в осеннем выпуске журнала *The American Scholar* за 1956,

От геоцентризма к гелиоцентризму

Второе приспособление означало отказ от признания центрального положения Земли. Хотя революционное открытие Коперника в XVI в. утвердило гелиоцентрическую концепцию, новая гипотеза долго не признавалась. Лишь постепенно отдельные свободомыслящие философы, а в конце концов и столпы церкви, приняли теорию Вселенной с Солнцем в центре. Этот сдвиг происходил очень медленно, так как человек является упрямым приверженцем привычных догм. Однако с течением времени, допустив, что Солнце является не только центром местной семьи планет, но и всех звезд, люди стали придерживаться новой точки зрения. Но и она также оказалась ошибочной¹. Следующий шаг был сделан, когда установили, что Солнце — рядовая звезда. Но только после того, как при помощи современных телескопов обнаружили шаровые звездные скопления, галактики и переменные звезды типа δ Цефея, дальнейшее приспособление стало действительно необходимым.

Космологическая модель с центром Земля весьма неохотно уступала место системе с центром Солнце. Аналогичным образом позднее, несмотря на увеличение сведений, требующих дальнейшего изменения представлений о строении Вселенной, ученые, философы и неспециалисты упрямо цеплялись за гелиоцентрическую теорию. Не объяснялась ли эта приверженность тщеславием, культивируемым догматиками, которые продолжали настойчиво твердить, что человек имеет высшую значимость в мире звезд и в системе пространство — время?

¹ Когда автор здесь и ниже говорит о том, что гелиоцентрическая система мира оказалась ошибочной, то он имеет в виду лишь то, что Солнце не является центром Вселенной. Обычно же под гелиоцентрической системой понимают учение о том, что Земля есть одна из планет, обращающихся вокруг Солнца. В этом, общепринятом, смысле гелиоцентрическая система полностью сохраняет свое значение и представляет элементарную научную истину.— *Прим. ред.*

От гелиоцентризма к Стрельцу и далее

Имеются и другие довольно веские доводы в пользу нашей второй ошибочной концепции — гелиоцентрической теории, но все они не выдерживают научной проверки. Например, Млечный Путь выглядит как большой круг, разделяющий небо на две практически равные части. Яркость всех участков Млечного Пути примерно одинакова. Поэтому кажется, что Солнце и Земля расположены где-то в центре Млечного Пути. Второй довод сводится к тому, что число звезд (так по крайней мере казалось вначале) убывает с удалением от Солнца так, как если бы Солнце было центральной звездой; подобное положение среди миллионов звезд воспринималось человеком как доказательство его превосходства — ощущение отнюдь не неприятное. Но и это представление оказалось ошибочным.

Даже совсем еще недавно — в 1917 г. — астрономы считали, что если Солнце и не является центральным телом, то оно по крайней мере находится очень близко от центра звездной Вселенной. (В то время еще не знали, что галактики — это другие колоссальные звездные системы.) Первые указания на нецентральность положения Земли, Солнца и окружающих звезд в той сплюснутой звездной системе, которая заявляет о своем существовании в виде множества звезд Млечного Пути, были получены в результате использования зависимости период — светимость для цефеид в качестве способа зондирования пространства, а также определения расстояний и распределения в пространстве шаровых звездных скоплений.

Постепенно были найдены и другие доказательства того, что состоящее из миллиардов звезд ядро нашей спиральной Галактики весьма далеко от нас. Это ядро находится в направлении южных созвездий Стрельца, Змееносца и Скорпиона. После проникновения астрономов в звездные глубины гелиоцентрическая система мира просуществовала недолго; она быстро утратила силу и умерла.

Центр Галактики вовсе не находится среди ярких звезд, которые образуют контуры упомянутых южных

созвездий. Яркие звезды отстоят от нас на расстоянии всего нескольких сот световых лет, в то время как центр нашей Галактики удален на расстояние свыше двадцати пяти тысяч световых лет. Именно миллиарды звезд галактического ядра обуславливают яркое свечение южной части Млечного Пути, которое мы называем звездным облаком в Стрельце.

Переход от геоцентрического к гелиоцентрическому представлению, без сомнения, нашел отклик, хотя и небольшой, у философов XVI в. С точки зрения осмысливания Космоса не столь уж важным казалось, что является центром — Земля или Солнце. С момента смерти Коперника до начала нашего столетия, да и позднее господство гелиоцентрического представления о звездной Вселенной мало беспокоило философов, если вообще их беспокоила эта проблема.

Однако по мере быстрого накопления астрономических знаний неизбежно возникла необходимость *третьего приспособления* нашего взгляда на Космос к имеющимся данным, которое должно было существенно затронуть и человека, изменив в какой-то степени мнение о месте, роли и значимости человечества во Вселенной.

«Смещение» Солнца и Земли с центрального положения к краю нашей Галактики нанесло значительный урон человеческой гордыне и самоуверенности. Оно повлекло за собой открытие поражающего воображение числа галактик, сходных с нашей собственной звездной системой. Мы довольно легко согласились с учением Дарвина, доказывающим происхождение человека от животных (хотя теологи прошлого века никак не могли с этим примириться), поскольку при этом мы все-таки оставались, как нам представлялось, выше всех земных организмов. Но отказ от гелиоцентрической модели Вселенной, основанный на достоверных астрономических данных, был явно смертелен для идеи о превосходстве человека в материальном мире, пусть даже эти успехи познания сами по себе были чрезвычайно лестны для человеческого разума.

Новые достижения науки отодвинули Землю вместе с жизнью на ней во внешний край нашей звездной системы — одной из миллиардов галактик Вселенной. Ока-

залось, что человек живет на окраине Млечного Пути среди миллионов других звезд. Но это еще не все. Открытия палеонтологии и геохимии обнаружили, что человек лишь недавнее, а может быть, и недолговечное явление в масштабах космического времени.

В этом пункте мы делаем остановку, чтобы дать волю мрачным или светлым мыслям — мрачным или светлым в зависимости от настроения. С развитием науки и отходом от суеверий и веры в сверхъестественное мы за последние века ушли так далеко вперед и так утвердились в своем представлении о положении человека во Вселенной, что теперь отступление невозможно! Пытливый человеческий ум перешел Рубикон, возврата к прошлому нет, мы не можем возродить ни геоцентризма, ни даже гелиоцентризма.

Находчивые обезьяны, мудрые орлы и искусные пчелы, возможно, вполне удовлетворены своим положением и потому не видят тех горизонтов, которые открылись перед нами. Их может удовлетворять эгоцентризм или локоцентризм, нас — нет! И поскольку мы не можем вернуться (и не вернемся!) к такому удобному, но ограниченному прошлому, не жертвуя нашей культурой и цивилизацией, то мы идем вперед. И вот мы узнаём, что есть еще одна глава в этом рассказе о положении человека.

Биологическая ориентировка

Так как мы здесь рассматриваем не только локализацию нашей Земли во времени и пространстве, но и наше собственное место в биологическом мире, то нам предстоит сделать еще один шаг. «Разжалование» Земли и Солнца и «повышение в чине» галактик — не последний шаг пилигримов науки, пробирающихся через дебри философии. Как отмечалось на предыдущих страницах, потребность в дальнейшем приспособлении, которая уже настоятельно ощущается, не является полной неожиданностью для ученых и не может рассматриваться как следствие только одного или двух выдающихся научных открытий. Это — продукт эпохи. Поэтому перейдем от астрономии к другим наукам и поставим перед

ними вопрос о распространенности жизни во Вселенной.

От лица всех организмов, обитающих на земле, суше, в океанах и в воздухе, мы опять задаем тот же настойчивый вопрос: «Одиноким ли мы в космическом пространстве и во времени?»

Среди множества теоретических и экспериментальных данных, которые способствуют четвертому приспособлению *Homo sapiens* нашей Галактики, больше всего заслуживают внимания следующие три явления. Первое связано с общим числом звезд, второе — с космическими катастрофами миллиарды лет назад и третье — с возникновением самовоспроизводящихся молекул. Мы кратко остановимся на этих явлениях, хотя первые два до некоторой степени были рассмотрены в предыдущих главах, а третье будет главной темой главы 9.

В древности было известно всего несколько тысяч звезд; но уже после изобретения первых телескопов обнаружили миллионы звезд, и это число поразительно быстро возрастало с каждым усовершенствованием телескопов. Наконец, после того как было открыто, что так называемые внегалактические туманности являются в действительности галактиками, каждая из которых содержит сотни и даже тысячи миллионов звезд, и была доказана невозможность достичь «дна» Метагалактики даже при помощи самых больших телескопов, мы вынуждены были признать (как показано в главе 5) существование более 10^{20} звезд в доступной нашему изучению Вселенной; на самом деле их, по-видимому, значительно больше.

Значение этого открытия состоит в том, что мы располагаем — точнее, Вселенная располагает — более ста миллионами источников света и тепла для планет, находящихся вблизи этих звезд.

Конечно, число звезд и их возраст человеку осмыслить трудно — слишком много звезд, слишком велико пространство, слишком длительны интервалы времени. Наша система счисления не годится для макрокосмоса. То же можно сказать о явлениях микромира; понимание ненамного упрощается, если мы, например, говорим, что при каждом вдохе мы вдыхаем свыше тысячи мил-

лионов миллионов миллионов (10^{21}) атомов кислорода, азота и аргона.

Второе явление — расширение Метагалактики — затрагивает следующий вопрос: имеются ли планеты, хотя бы у некоторых звезд, излучающих энергию, благоприятную для сложных биологических процессов, называемых жизнью? Этот вопрос мы уже задавали и в главе 4 попытались ответить на него.

В настоящее время мы считаем доказанным существование смещения линий в спектрах всех далеких галактик к красному концу и принимаем для объяснения этого явления гипотезу, согласно которой галактики систематически удаляются одна от другой, т. е. считаем, что Вселенная расширяется. Скорость взаимного удаления галактик, разделенных расстоянием в миллион световых лет, составляет около 55 км/сек ; при взаимном расстоянии в два раза большем скорость также вдвое больше; если расстояние в три раза больше, то скорость также в три раза больше и т. д. Окончательные числовые значения еще уточняются, так как не исключена возможность, что при значительно больших взаимных расстояниях пропорциональность увеличения скорости разбегания с расстоянием не выдерживается.

Хаос далекого прошлого

Быстрое разбегание Метагалактики во всех направлениях, естественно, наводит на мысль о том, что было год назад, когда галактики были ближе друг к другу, сто, миллион и миллиард лет назад. Очевидно, если мы будем идти назад во времени, концентрация разбросанных в настоящее время космических единиц (галактик) будет увеличиваться. Средняя плотность материи в пространстве в настоящее время очень низка — около 10^{-30} г/см^3 , что по земным стандартам представляется сверх-сверхвакуумом. Однако несколько тысяч миллионов лет назад средняя плотность в нерасширенной Вселенной должна была быть настолько большой, что были неизбежны как частые столкновения, так и гравитационные разрывы планет и звезд.

Отметим теперь одно важное совпадение. Кора Земли, согласно измерениям радиоактивным методом, имеет возраст также порядка нескольких миллиардов лет. Следовательно, Земля и другие планеты нашей планетной системы родились в те полные великих событий дни хаоса и гибельных столкновений.

В те времена должны были развиваться бесчисленные миллионы других планетных систем; ведь наше Солнце — звезда весьма обычного типа. Звезды других типов также должны были участвовать в космических пертурбациях. Наше Солнце по сравнению с многими голубыми и красными молодыми звездами-гигантами настолько обычно, что в знаменитом каталоге звездных спектров Кэппон мы находим около сорока тысяч подобных Солнцу звезд в непосредственной близости от нас.

Астрономы и другие ученые предложили (глава 4) ряд типотез возникновения планет, отличных от процесса сокрушительных столкновений в ту давнюю эпоху. Например, процесс сжатия протозвезд из гипотетического первичного газа, сопровождавшийся также и рождением протопланет. Этот эволюционный процесс, признаваемый в настоящее время многими, мог бы привести к возникновению бесчисленного числа планет.

С успехом рассматривались также различные варианты теории происхождения планет в результате прямых столкновений. В настоящее время звезды настолько далеки друг от друга, что их столкновения должны быть крайне редки. В самом деле, они настолько маловероятны, что если бы рождение планет зависело только от процесса столкновения, мы имели бы полное право считать себя уникальным явлением. Но эту тщеславную точку зрения не так-то легко обосновать, так как открытие расширения Вселенной показывает, что для эпохи возникновения Земли были характерны бурные непрерывные столкновения.

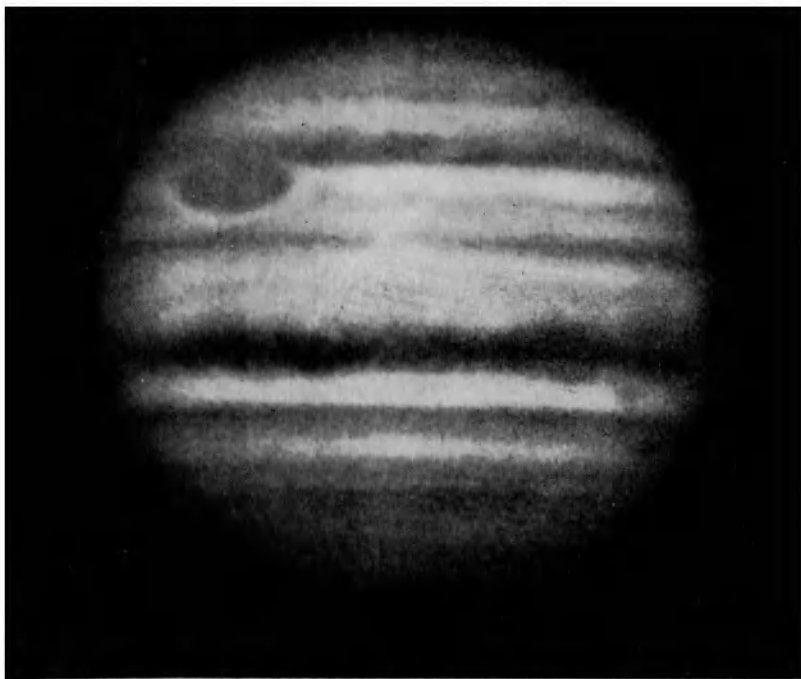
Опуская детали, мы опять приходим к выводу, что должны существовать миллионы планетных систем (вернее было бы говорить — миллиарды). Каковы бы ни были пути возникновения планет, а их, несомненно, было несколько, планеты можно рассматривать как яв-

ление, типичное для звезд. Исключение составляют лишь звезды, расположенные таким образом, что вещество для построения их планет было захвачено более массивными телами или оторвано действием притяжения более массивных тел. Здесь уместно вспомнить, что, как показали астрофизики, повсюду в доступной изучению Вселенной химия и физика одна и та же, т. е. нет ничего необычного и особого на нашей Земле и в наше время.

Число 10^{20} известных звезд и высокая вероятность существования миллионов планет с подходящими химическими условиями, размерами и расстояниями от питающих их энергией звезд вполне позволяют нам теперь поставить вопрос: «На каких из этих планет действительно есть жизнь? Не ограничен ли этот биохимический процесс странным образом нашей планетой № 3 в семействе Солнца — средней звезды, расположенной во внешней части Галактики, содержащей сотни тысяч миллионов других звезд, которая в свою очередь — лишь одна из миллионов уже обнаруженных галактик?»

Ограничена ли жизнь нашей Землей? Конечно, нет. Мы не одни. И мы сможем смело утверждать, что жизнь широко распространена, когда рассмотрим еще одно явление.

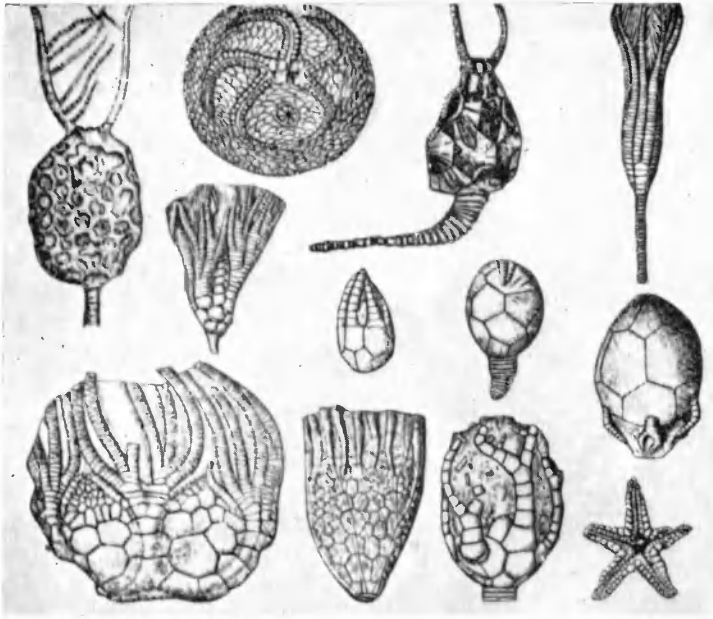
Опишем сначала очень кратко то, на чем мы подробнее остановимся в главе 9. Биохимия и микробиология при помощи геофизики, астрономии и других наук зашли настолько далеко в постройке моста между неживым и живым, что мы можем больше не сомневаться в том, что если только физические, химические и климатические условия на поверхности какой-то планеты подходят для жизни, она появится там, укрепитя и будет развиваться. «Вечная тайна» жизни перестает быть тайной. Объективная наука вытесняет субъективную веру в сверхъестественные силы. Многие исследования в области макромолекул и микроорганизмов за последние годы показали, что в настоящее время для объяснения происхождения жизни совершенно необязательно прибегать к помощи загадочных и сверхъестественных явлений. Мы уже подготовлены к тому, чтобы сделать следующий шаг в ориентации человека, который я называю



V. Юпитер с его «красным пятном». Электрические грозы в пятно и вблизи него, возможно, являются источником естественных радиосигналов, излучаемых этой планетой.

VI. Большое Магелланово Облако. Эта ближайшая к нам галактика представляет собой своего рода лабораторию, в которой мы можем проверять данные о нашей Галактике и других спиральных галактиках.





VII. Триста миллионов лет назад Солнце так же заботливо питало энергией первичные растения и животных, как и в наши дни.



VIII. О медленности эволюции Солнца свидетельствуют палеозойские папоротники.

четвертым приспособлением. Разбегание галактик, обилие звезд, структура и свойства макромолекул на теплых, влажных, освещенных звездами поверхностях планет подсказали нам это четвертое приспособление в понимании места и функции жизни во Вселенной. Признание того, что биологическое развитие на нашей планете не является уникальным и что разнообразная и высокоразвитая жизнь широко распространена в мире, приводит нас к самому важному из всех шагов в ориентировке *Ното* в материальном мире.

Достигли ли мы, наконец, заветной цели или наше путешествие не закончено? В связи с быстрым развитием научных методов и непрерывным совершенствованием логического мышления было бы неразумно утверждать, что у нас никогда-никогда не возникнет необходимости в дальнейшем совершенствовании наших представлений о месте человека во Вселенной, что мы никогда не сделаем какого-нибудь открытия, требующего усовершенствования нашей ориентировки — следующей ступеньки после установления нашего места в физическом и биологическом мире, что в настоящее время отражено соответственно в третьем и четвертом приспособлениях.

Пятое приспособление мыслимо в области психологии, или в мире «антиматерии», или в одном из тех фантастических существований, где наша Метагалактика — всего лишь атом в некоторой Сверхвселенной или в каком-нибудь странном (но столь же вероятном) бытии, в котором знакомые нам электроны являются галактиками, в некотором микроскопическом мире, лежащем за пределами достижимого современными инструментами.

Отказ от великих моментов

Космическая энергия в форме солнечного света и собственное тепло Земли в сочетании с органическими соединениями первичного «бульона» в первых мелких земных водоемах много лет назад породили в итоге эволюции зеленые листья, стебли, а в конце концов высшие растения и животные. Давно начавшийся и непрерывно продолжающийся биохимический процесс, называемый фотосинтезом, имел при этом решающее значение. Мы подчеркиваем, что начало взаимодействия лучистой энергии и органических молекул было решающим шагом в появлении жизни на земной поверхности. Это было началом «Операции Хлорофилл», без которой нас самих не существовало бы. Поскольку речь идет о жизни, этот момент был действительно Великим Моментом для Вселенной; ведь если жизнь могла возникнуть здесь, она могла появиться где-либо еще и повлечь за собой столь же важные последствия.

Мысль об особом Великом Моменте как о переломной поворотной точке в многогранной эволюции материальной Вселенной очень заманчива. У нас в университетах читаются курсы о великих идеях, есть списки великих книг и книги о великих людях. Существуют великие надежды, великие даты, великие события и т. д. Почему же не поискать Великие Эпохи в космографии?

До того, как на Земле утвердились самые первые растения, ее скалистая кора была в сущности биологически бесплодна, как бесплодна в настоящее время Луна. Затем начался фотосинтез — процесс, перед которым мы в вечном долгу. Какие еще революционные события сравнимы с этим? Возможно, многие из них нам пока

неизвестны, так как мы все еще довольно беспомощны и невежественны перед лицом разнообразных явлений природы. Но некоторые из этих эпизодов все-таки можно отметить.

Каждый, вероятно, предложил бы свой перечень великих событий. Я лично предлагаю следующий:

1. Взрыв включающего в себя всё «первичного атома» (если таковой был), что, согласно современным гипотезам, привело к расширению Вселенной, возникновению химических элементов и образованию галактик и звезд, а также и к рождению планет, часть которых, с влажными и скалистыми поверхностями, были пригодны для появления разнообразных организмов, среди которых оказались и те, которые теперь рассуждают о Великих Моментax.

2. Счастливое сочетание «влечения» и «отталкивания» (как говорится в древней китайской поговорке), которое позволило законам природы предусмотреть существование атомных ядер. Это довольно трудная для понимания идея. Мне вспоминается один знаменитый физик, записавшийся изучением природы атомного ядра, который сказал однажды, что вещество вообще существует лишь благодаря счастливой случайности.

Но, возможно, эти силы, связывающие воедино ядра атомов, не предполагают течения времени только в одном направлении, и их скорее следует причислять к великим событиям, чем к великим моментам.

3. Разряды молний или другие естественные проявления энергии, которые способствовали тому, что в первичной атмосфере Земли (и подобных ей планет), где преобладали метан и аммиак, водяные пары и водород, произошел синтез аминокислот, послуживших основой простейших белковых соединений, которые в свою очередь легли в основу живых организмов. Короче говоря, это означает естественный синтез первого непрерывного жизненного процесса или по крайней мере первый решающий шаг к возникновению на Земле или где-нибудь еще «материальных организаций, непрестанно воспроизводящих свою организацию».

4. Упомянутый выше фотосинтез и его превращение в «биологическую привычку». Этим сложным способом

энергия для жизни переносилась от Солнца на Землю.

5. Выход из мелких вод морских отмелей, озер и рек первичных животных, которые научились усваивать необходимый кислород в «сыром» виде. Это событие произошло около четырехсот миллионов лет назад на нашей планете и, может быть, гораздо позже — на других. Некоторые из тех простейших, которые выползли или были выброшены на берег, были предшественниками насекомых; другие были предками лягушек и прочих земноводных. Под водой первичные растения и животные получали свой кислород, который сжигает и строит, в «разбавленном» состоянии. Он захватывался волнами из воздуха. Переход к вдыханию «концентрированного» кислорода на земле был одним из величайших моментов.

Специализированный дыхательный аппарат развивался различными путями. Например у нас, высших млекопитающих, давным-давно атрофировались жабры, а вместо них развилось воздуходушное устройство (легкие), снабженное струнами (голосовыми связками), которое в дополнение к обмену кислорода и углекислого газа позволяет разговаривать и петь. Другими словами, побочный продукт развития дыхательного аппарата для вдыхания необходимого кислорода и выдыхания ненужного углекислого газа стал органом речи. Это привело к тому, что люди могут передавать информацию, не певеля ушками, как муравьи, и не покачивая животами, как пчелы.

6. Быстрое мутационное развитие крыльев насекомых. Эти придатки, которые сделали могущественный класс насекомых доминирующим в количественном отношении (миллионы видов, триллионы индивидуумов), а во многих отношениях и очень важным для жизни планеты, возникли не в результате медленного приспособления к новым задачам уже существовавших придатков. Как известно, крылья летающих млекопитающих (летучих мышей) и летающих неорептилий (птиц) возникли благодаря приспособлению передних ног. Насекомые же приобрели крылья без ущерба для обычных конечностей. Крылья — нечто совершенно новое, и они служили отчасти для ускользания от опасности. Выживание многих отрядов насекомых со времен палеозойской эры, без сомнения, связано с их способностью преодолевать пре-

◆

вратности жизни на земле, где они не могли бы так легко убежать, уползти или спрятаться от преследования. Эти примитивные насекомые, которые в случае опасности могли подняться в воздух еще задолго до того, как птицы овладели искусством передвижения в газообразной среде, эти древние крылатые насекомые удовлетворяли одному важнейшему условию выживания видов: они могли удрать!

Наш список можно было бы дополнить такими важнейшими пунктами, как спуск наших предков с деревьев, овладение огнем, открытие законов движения и тяготения. Но некоторые из этих пунктов, в том числе и вопрос о крыльях насекомых, может быть, слишком незначительны в истории Вселенной, чтобы рассматривать их как Великие Моменты. Большинство же из перечисленных выше моментов, очевидно, является результатом постепенных изменений, а не внезапными событиями.

Вероятно, гораздо лучше было бы пользоваться словом «эпоха» или «эра» вместо слова «момент».

Между прочим, если частичное проникновение в Космос и его описание, будучи само по себе частью космографии, важно для понимания космической схемы в целом, то сильные мутации в коре головного мозга приматов, безусловно, следует рассматривать как ведущие моменты, точно так же как изобретение колеса, счета и открытие подсознательной деятельности мозга. Но преодолеем наш антропоцентризм и вернемся к звездам и появлению организмов.

О происхождении организмов

Совершенно недостаточно просто заявить о неизбежности появления на какой-либо планете организмов, если там подходящие для них условия, т. е. если там имеются химические вещества, необходимые для образования протоплазмы, а также налицо нужная температура, движение планеты и хороший климат. Сказать, что эволюция биологических организмов естественна и обязательна — это еще не все. Мы должны продолжить наш рассказ, чтобы узнать, каким образом природа постепенно создает самовоспроизводящиеся молекулярные соединения, и описать детальнее некоторые этапы того процесса, который лежит в основе явления, называемого жизнью.

Вопрос о возникновении жизни имеет бурную историю. Неумелые наблюдения и пристрастие к скороспелым выводам на протяжении веков поддерживали утверждение, согласно которому низшие формы жизни якобы могут самопроизвольно зарождаться из грязи. Пастер помог истребить эту ересь. Он и его последователи в течение некоторого времени подвергались нападкам ряда ученых критиков. Но самое сильное сопротивление прогрессу науки в ее борьбе против стремления объяснять возникновение жизни сверхъестественными силами оказали духовенство и светские власти. Решительно утвердилось, что, хотя человек создал в своих лабораториях смеси, которых нет в природе, вывел новые виды растений и животных, построил государства, он был, есть и всегда будет бессилен создать в лаборатории живую клет-

ку. Допускалось, что человек может разрушать жизнь, видимую и невидимую, но первичный акт творения жизни приписывался исключительно непостижимому Всемогущему. Попытка разгадать тайну возникновения жизни расценивалась как проникновение в запретную зону и признавалась богохульством.

Таким образом, стесненная догмой наука должна была идти к исследованию биогенезиса человека кружным путем — посредством изучения простейших организмов и природы жизни у ее истоков. Однако довольно давно господство догматической оппозиции прекратилось. В прошлом веке наши знания о Вселенной настолько расширились, что даже новые толкования древних пророчеств не могли больше охватить все это многообразие. В XX веке биохимики и микробиологи, успешно экспериментируя, начали усиленно размышлять о возникновении первичной жизни, которая, как показали осадочные породы, существовала на нашей планете уже миллиард лет назад.

Пионерские работы Опарина и Холдейна

Так, например, игнорируя «вечную тайну» и божественное начало жизни, Дж. Холдейн в 1928 г. отважился выпустить сочинение, в котором он призывал обратить внимание на вероятные физические и химические условия на поверхности Земли в ранний период ее существования и на пригодность их для естественного синтеза живого вещества из неживого. Первичная атмосфера Земли (в настоящее время это довольно распространенная точка зрения, хотя и не общепринятая) не содержала или почти не содержала свободного кислорода в газообразном состоянии. Кислород — активный элемент и он использует любую возможность соединиться с другими атомами. В виде H_2O (вода) и SiO_2 (кремнезем) кислорода всегда было много на Земле — кислород составляет половину земной коры, девять десятых вод океанов, озер и рек и почти четверть существующей атмосферы. Но в древние времена воздух был беден свободным кислородом. Теперешние тысячи триллионов тонн кислорода в земной атмосфере появились на протяжении миллиардов лет в значительной мере как продукт жизнедеятельности расте-

ний. Кислород атмосферы — побочный продукт фотосинтеза и отчасти — результат разложения водяного пара коротковолновым солнечным излучением в верхней атмосфере.

В первичной атмосфере преобладали водяные пары, а также углекислый газ, метан и азот, входивший в состав аммиака (NH_3). Метан и аммиак до сих пор есть в атмосфере холодной планеты Юпитер, хотя в настоящее время они практически исчезли из атмосферы Земли. Свободный азот и свободный кислород составляют около 99% современной атмосферы, а первоначально преобладавшие в ней водяные пары по мере охлаждения планеты конденсировались в океаны, озера и влагу почвы.

Отсутствие в первичной атмосфере атомарного и молекулярного кислорода, конечно, указывает на то, что озон — трехатомный кислород O_3 — тогда также отсутствовал. Отсутствие его должно было иметь большое биологическое значение, так как озонный барьер в атмосфере Земли, находящийся примерно на высоте 35 км над нами и в настоящее время столь надежно защищающий нас от губительной ультрафиолетовой радиации, вероятно, не существовал в те далекие времена, 2—4 миллиарда лет назад. На протяжении долгих эпох этот слой мог оставаться довольно тонким и все еще пропускать ультрафиолетовое излучение Солнца. Он стал действительно эффективным лишь тогда, когда в результате фотосинтеза растительность освободила значительное количество кислорода из воды и углекислого газа.

Главное следствие отсутствия озона в прошлом состоит в том, что коротковолновое ультрафиолетовое излучение Солнца могло тогда беспрепятственно приносить энергию в мелкие водоемы (когда этому не мешали облака водяных паров). Проникающая ультрафиолетовая радиация была, без сомнения, одним из тех трех — четырех источников энергии, которые могли принять участие в поддержании «дохлорофилловой» первичной жизни. Другими источниками были атмосферные электрические разряды (молнии), гамма-излучение распадающихся радиоактивных элементов и, возможно, собственное тепло Земли, выделяемое гейзерами и вулканами.

Как показали Мюллер и другие, коротковолновое из-

лучение ускоряет биологические мутации. Следовательно, когда слоя озона еще не было, ультрафиолетовые лучи могли значительно ускорить и изменить эволюцию органического вещества. В настоящее время их доступ к нам закрыт.

В пионерской гипотезе Холдейна¹ о ранних условиях, пригодных для возникновения жизни на Земле, говорится об энергии коротковолнового излучения следующее:

«Итак, если ультрафиолетовый свет воздействует на смесь воды, углекислого газа и аммиака, то в ней возникает большое разнообразие органических веществ, в том числе сахара и, по-видимому, некоторые вещества, из которых строятся белки. Этот факт был продемонстрирован Бэйли и его коллегами в одной из лабораторий Ливерпуля. В современном мире такие субстанции распались бы, т. е., правильнее сказать, они были бы разрушены микроорганизмами. Но до возникновения жизни они, должно быть, накапливались до тех пор, пока первичные океаны не стали напоминать теплый бульон. Сегодня организмы, чтобы добыть себе пищу, должны полагаться на случай, умение или силу. Первые предшественники жизни находили достаточно пищи и не имели конкурентов в борьбе за существование. Так как первичная атмосфера содержала мало кислорода или вообще не содержала его, они должны были добывать энергию, которая им требовалась для роста, при помощи каких-то процессов, отличных от окисления,— скорее всего путем брожения, так как, согласно Пастеру, брожение — это жизнь без кислорода».

Независимо от Холдейна о происхождении жизни размышлял советский ученый А. И. Опарин, он также не был связан никакими религиозными предрассудками. Уже в 1923 г. он опубликовал в СССР предварительное сообщение о своих исследованиях. Через тринадцать лет появилась его книга «О возникновении жизни на Земле», которая стала классической. Предисловие С. Моргулиса²

¹ J. B. S. Haldane, *Science and Life*, London, 1928.

² С. Моргулис был также переводчиком книги А. И. Опарина на английский язык.— *Прим. ред.*

ко 2-му изданию английского перевода книги Опарина представляет самостоятельный интерес. За время, прошедшее с 1950 г., когда работа Опарина стала гораздо более известной, было выполнено несколько важных исследований в области биогенеза. Начали развиваться исследования в области фотосинтеза и в области химии вирусов. Мощные электронные микроскопы позволяют изучать макромолекулы. В частности, заслуживает внимания экспериментальная работа С. Миллера в лаборатории Г. Юри (Чикагский университет). Миллер воспроизвел в лаборатории предполагаемую первичную земную атмосферу (состоящую из газов метана и аммиака, водяного пара и водорода) и электрические разряды (имитируя древние молнии) и получил аминокислоты и другие органические соединения. Как было упомянуто выше, эти аминокислоты являются самыми важными составными частями организмов.

Эксперимент Миллера был повторен в нескольких лабораториях. Он будет значительно расширен, так как благодаря этому простому, хотя технически трудноосуществимому эксперименту мы заметно сократили разрыв между несомненно неживым и несомненно живым. Сообщение Миллера о первом синтезе молекулярных соединений, лежащих в основе жизни, приводится на стр. 131 и далее.

Идеи Опарина и переводчика его книги о возникновении жизни лучше всего иллюстрировать несколькими цитатами. Все они исполнены глубокого смысла для тех, кто стал бы ощупью искать в туманном прошлом ответа на один из основных вопросов космогонии. Здесь мы вынуждены пользоваться специальной терминологией, поэтому читатель может при желании пропустить некоторые из приводимых цитат.

Прежде всего биохимик Опарин особо подчеркивает тот факт, что долго господствовавшее представление о том, что высокоорганизованная жизнь впервые появилась благодаря сверхъестественному акту творения, умерло безвозвратно. Нельзя также утверждать, что жизнь и вещество — ровесники, как нельзя отрицать и эволюцию неживого молекулярного вещества. Астрофизик добавил бы, что и атомы, и молекулы также эволю-

ционировали в прошлые времена и, вероятно, эволюционируют даже в настоящее время.

«Мы должны прежде всего со всей категоричностью отвергнуть всякие попытки воскрешения старых представлений о внезапном, самопроизвольном зарождении. Нужно раз навсегда понять, что как бы ни был мал организм, как элементарно с первого взгляда ни представлялось бы его строение, он все же бесконечно сложнее простого раствора органических веществ. Он обладает определенной динамически устойчивой организацией, основанной на гармоническом сочетании строго координированных между собой химических реакций. Характерной особенностью этой организации является ее высокая приспособленность к несению определенных жизненных функций, к осуществлению ряда жизненных явлений. Бессмысленно ожидать случайного возникновения такой организации в результате «счастливого» сочетания атомов или молекул или благодаря воздействию каких-то неведомых нам внешних условий.

Но из этого совершенно не следует, что отсюда мы должны сделать вывод об абсолютном принципиальном различии между живыми организмами и косной материей. На основании повседневного опыта мы легко отличаем живые существа от окружающей их неживой природы. Но все многочисленные попытки найти какие-либо специфические, встречающиеся только в организмах «жизненные силы» неизменно кончались полной неудачей. Этому учит нас вся история биологии XIX и XX вв. А если это так, то жизнь не могла существовать вечно. Изучение таких характерных для живых организмов свойств, как, например, определенное строение белков, асимметрия протоплазмы, исключительная скорость и согласованность биохимических реакций, способность к самовоспроизведению и т. д., показывает, что жизнь является новой формой существования материи, которая обязательно должна была возникнуть как определенный этап в историческом развитии материи.

Мы постарались здесь, оставаясь все время на почве

научно установленных фактов, нарисовать картину той эволюции материи, которая привела к возникновению жизни на Земле»¹.

Когда Земля остыла

Каким бы из трех наиболее правдоподобных способов ни образовались планеты нашей системы, вряд ли можно сомневаться в том, что земная кора прошла через стадию расплавленных или по крайней мере разогретых пород и определенно пережила стадию горячей атмосферы. Следовательно, было время, когда больше водорода, гелия и других легких газов ускользало в межпланетное пространство, чем теперь; в остальном химический состав Земли был тем же самым. Однако постепенно, по мере того как горы, океаны и атмосфера отдавали свое тепло холоду межзвездного пространства, начали образовываться молекулярные соединения.

«Нет сомнения, что в разбираемую нами эпоху (в особенности в первые периоды существования углеродных соединений) физические условия на земной поверхности были иные, чем теперь,— была более высокая температура, иной состав атмосферы, иные условия освещения и т. д. Но в этих условиях мы не находим ничего таинственного или необычного. Наоборот, они нам более или менее хорошо известны. Мы не только можем легко представить себе указанные условия, но даже в значительной степени и воспроизвести их в своих лабораториях. И тем не менее они не могут объяснить нам, каким образом зародилась на Земле жизнь. Это вполне понятно, так как для разрешения проблемы происхождения жизни недостаточно знать только внешние физические условия.

Нужно принимать во внимание и внутренние химические свойства тех веществ, из которых в конеч-

¹ А. И. Опарин, Возникновение жизни на Земле (2-е изд., Изд-во АН СССР, М.-Л., 1941, стр. 261). В дальнейшем ссылки на книгу Опарина даны по этому изданию.— *Прим. ред.*

ном счете образовались живые существа. Именно изучение «поведения» этих веществ при данных внешних условиях укажет нам тот путь, по которому шла дальнейшая эволюция органического вещества. Этот метод исследования оправдывается тем более, что лишь в начале указанной эволюции внешние условия существования были отличны от современных природных условий. С момента образования первичного океана обстановка, в которой находились органические вещества, настолько близка к современной, что мы смело можем делать заключение о ходе химических превращений на основании получаемых нами в настоящее время данных» (Опарин, стр. 100).

«Таким образом, когда наша планета остыла настолько, что водяные пары сгустились и образовали первичную горячую водную оболочку Земли, в ней были уже растворены органические вещества, в состав молекул которых наравне с углеродом входили также водород, кислород и азот. Указанные органические вещества обладают громадными химическими возможностями. Вследствие этого они вступали в разнообразные химические взаимодействия как между собой, так и с элементами воды. Этот процесс привел к образованию сложных высокомолекулярных органических соединений, подобных тем, которые в настоящее время входят в состав тел животных и растений. В частности, таким путем могли возникнуть и наиболее биологически важные соединения — белковоподобные вещества» (Опарин, стр. 262—263).

Приключения в теплом бульоне

Как было отмечено выше, сформулировать определение жизни, которое удовлетворило бы всех, — задача далеко не легкая. «Молекулярные организации, непрестанно воспроизводящие свои организации», — довольно неудачное определение, даже если мы особо подчеркнем слова «непрестанно воспроизводящие». Моргулис вообще возражает против выражения «возникновение жизни», поскольку оно подразумевает некоторое единичное или внезапное событие — скачок от неживой природы к живой. По его мнению, гораздо лучше было бы назвать книгу Опарина

«Приход жизни в бытие». Но я лично не совсем согласен со словом «бытие».

«Для большинства людей «жизнь» означает что-то, что ползает, пресмыкается или хоть как-нибудь передвигается, если не посредством хорошо выраженных придатков, то по крайней мере при помощи временных выступов протоплазмы, ресничек или нежной флагеллы. Слово «жизнь» не обязательно ассоциировать с величественным слоном. Многие, особенно неспециалисты, считают, что в познании тайн жизни можно достичь лишь до одноклеточных микроскопических организмов. Но даже самый наипростейший одноклеточный организм обладает изумляющей нас сложностью структуры и функций, причем этот организм отстоит от начала жизни по генеалогической линии на миллионы миллионов лет. Возможно, как убедительно рассказывает нам Опарин, жизнь зародилась около двух миллиардов лет назад в коллоидных системах микроскопических размеров, выделившихся из «теплого бульона», если пользоваться образным сравнением первобытного океана, принадлежащим Холдейну.

Биолог в отличие от неспециалиста не признает демаркационных линий, отделяющих растительную жизнь от животной, и не отделяет живое вещество от неживого, потому что такие разделения чисто условны и не соответствуют действительности»¹.

«Возникновение жизни — это не какое-то событие, которое можно отнести к определенному месту и времени; это — постепенный процесс, действовавший на протяжении непостижимо длительного промежутка времени, процесс, потребовавший для своего завершения, может быть, больше миллионов лет, чем эволюция всех видов живых существ. Один из великих вкладов Опарина в теорию возникновения жизни и состоит в том, что он постулировал длительную химическую эволюцию как необходимый этап, предшествовавший появлению жизни. Можно думать, что эволюционный

¹ С. Моргулис, Предисловие к английскому переводу книги А. И. Опарина, стр. VII—VIII.

процесс распадается на три определенные стадии: господство неорганических соединений; переход от неорганических к органическим соединениям; переход от органических соединений к биохимическим» (Моргулис, стр. VI—VII).

«Пока клетка рассматривается как единица жизни, возникновение жизни будет непостижимой загадкой. Но как атом оказался делимым, так и клетка уже не считается неделимой единицей в биологии. И атомная, и клеточная теории устарели. Теперь установлено, что подобно «неделимому» атому, клетка представляет собой высокоорганизованную и сложную систему, построенную из очень малых отдельных частиц. Очень сомнительно, чтобы когда-нибудь удалось обнаружить «самые малые» частицы жизни, но концепция клетки как единицы жизни была выброшена за борт вместе с концепцией неделимого атома» (Моргулис, стр. XVI).

«Можно думать, что термодинамически направленная химическая эволюция могла идти неопределенно долго, не приводя к переходу от неживого состояния к живому. Только когда органическая материя достигла высокой степени организации благодаря взаимосвязи таких субстанций и приобрела иные свойства, появилась первичная жизнь — вещество, вечно воспроизводящее свою организацию. Естественный отбор, регулирующий случайные изменения, привел к тем многочисленным путям эволюции, по которым неотвратимо следовали живые существа» (Моргулис, стр. XXII).

От неживого к живому

Если не пользоваться строгими определениями физиков, то можно сказать, что наша Вселенная многомерная, а не просто пространственно-временная система. Одно из таких возможных измерений, которое, вероятно, потребовало бы знания еще каких-то законов природы, — это Сознание, другое — Жизнь. Последняя включает биохимические связи, которые сложнее связей, проявляющихся в законах «обычного» пространственно-временного мира. Опарин указывает на новые свойства, которые были от-

крыты в биохимической эволюции, на те новые коллоидно-химические закономерности, которые накладываются на более простые химические связи, знакомые нам по химии органических соединений. Эти новые свойства очень важны. Они могут подвести нас к такому описанию или определению жизни, которое удовлетворит химика, биолога и, может быть, даже философа.

«Этот краткий обзор показывает, каким образом шла постепенная эволюция органических веществ, как на простые элементарные вначале свойства накладывались все новые и новые качества, подчиняющиеся закономерностям все более и более высокого порядка. Сначала возникли простые растворы органических веществ, их поведение определялось свойствами составляющих их атомов и расположением этих атомов в молекулах. Но постепенно в результате роста этих молекул и их усложнения возникли новые качества, и на простейшие органо-химические отношения наложился новые коллоидно-химические закономерности. Они определялись уже взаимным расположением молекул в пространстве. Однако для возникновения первичных живых существ и эти закономерности были еще недостаточны. Для этого было необходимо, чтобы коллоидные образования в процессе своей эволюции приобрели качества еще более высокого порядка, позволяющие им перейти на следующую ступень организации вещества. Здесь в процессе становления на первый план выступили уже биологические закономерности. «Соревнование» на скорость роста и естественный отбор создали такую форму организации вещества, которая присуща современным нам живым существам» (Опарин, стр. 264).

«Возникновение жизни было переходом от органической химии к биологической, от безжизненной материи к живой, от мертвой природы к живой. Но что же такое жизнь? Является ли она каким-то новым свойством органической материи, приобретенным в ходе эволюции, или она некий результат организации органической материи? Раздражимость, способность двигаться, рост, способность к воспроизведению — все эти

свойства помогают отличить живой организм от мертвого, но не ясно, являются ли эти свойства фундаментальными характеристиками первичной жизни.

Имеются веские основания считать, что определенный период в истории Земли должен был быть отмечен полной стерильностью, т. е. полным отсутствием каких-либо организмов. Поэтому указанные выше фундаментальные свойства, или свойства живых систем, должны были проявляться в высокоорганизованных белковоподобных макромолекулах, предшествовавших появлению клеточных организмов.

Сложные белки, содержащие нуклеиновую кислоту, — единственная отличительная составная часть организмов, обладающих способностями расти и размножаться непосредственно путем деления или самоудвоения. Но как органические соединения эти белки не могут ни расти, ни размножаться. Как вирусы, так и гены, которые представляют собой нуклеопротеидные системы, могут удваиваться и воспроизводиться лишь внутри соответствующей клетки или ядра. Таким образом, возникает вопрос, следует ли считать эти нуклеопротеиды с точки зрения способности к самовоспроизведению живыми или неживыми системами?» (Моргулис, стр. XI).

Дарвиновский эволюционный принцип оказался в некотором роде применим к первичной, доклеточной, фазе жизни. Выживание наиболее приспособленных господствует не только среди растений и животных, но также и в микрокосмосе.

«Естественный отбор давно уже уничтожил, смел с лица Земли все промежуточные формы организации первичных коллоидных образований и простейших живых существ. Всюду, где внешние условия благоприятствуют развитию жизни, мы находим сейчас бесчисленное количество уже вполне сложившихся высокоорганизованных живых существ. Если бы сейчас в этих условиях где-либо и появилось органическое вещество, то его эволюция не могла бы быть длительной. Очень скоро оно было бы уничтожено, съедено населяющими землю, воду и воздух микроорганизмами. Поэтому в

настоящее время мы лишены возможности непосредственно наблюдать описанный выше процесс эволюции органических веществ, процесс зарождения жизни. Колоссальные промежутки времени, необходимые для отдельных этапов этого процесса, лишают нас возможности воспроизвести его в лабораторных условиях в том виде, как он совершался в природе» (Опарин, стр. 264).

«Условия на Земле в течение последних нескольких миллиардов лет подверглись столь радикальным переменам, что биогенез уже, может быть, невозможен. Однако, как указывает Опарин, даже если бы биогенез действовал в настоящее время, его продукцию быстро разрушили бы бесчисленные хищные организмы, которые населяют Землю» (Моргулис, стр. X).

Заключительный абзац книги Опарина содержит предупреждение, что торжествовать еще рано, и убеждение, что поставленная цель достижима.

«Перед нами стоит колоссальная задача изучения каждой отдельной стадии нарисованного нами выше эволюционного процесса. Нам нужно глубоко исследовать свойства белковых веществ, изучить строение коллоидных органических образований, ферментных систем, протоплазменных структур и т. д. Этот путь труден и длинен, но зато он надежно ведет нас к познанию жизни. Искусственное построение, синтез живых существ является хотя и отдаленным, но вполне достижимым этапом на этом пути» (Опарин, стр. 265).

Экспериментальная проверка теории

Учитывая историческое значение упомянутой выше работы Миллера, я привожу полностью резюме к его сообщению¹. Сугубо специальные детали и термины свиде-

¹ S. Miller, Journal of the American Chemical Society, 77, 2351 (1955).

тельствуют о том, насколько сложны и трудны биохимические исследования, относящиеся к проблеме возникновения живых организмов.

«Смесь газов CH_4 , NH_3 , H_2 и паров H_2O из которых, как полагают, состояла атмосфера Земли на ранних стадиях ее развития, подвергали действию искровых разрядов примерно в течение недель, чтобы определить, какие органические соединения при этом синтезируются. Приведено несколько схем приборов и объяснение к ним. После эксперимента провели анализ газов. Обнаружены CO , CO_2 , N_2 и исходные газы. Образовалось красное вещество, которое, по-видимому, связано со следами металлов, а также желтое вещество, вероятно полимеры, обладающие кислотными, щелочными и амфотерными свойствами. Смесь соединений при помощи ионообменных смол разделили на кислотные, основные и амфотерные составляющие. Аминокислоты хроматографировали на колонке из дауэкс-50, а кислоты — на силикагеле. Глицин, *D*, *L*- α -аланин, β -аланин, саркозин, *D*, *L*- α -амино-*n*-масляная кислота и α -аминоизомасляная кислота были отождествлены посредством хроматографии на бумаге и определением точек плавления производных. Большая часть кислотной составляющей включала гликолевую, *D*, *L*-молочную, муравьиную, уксусную и пропионовую кислоты. В небольших количествах образовалось около 25 аминокислот. Кроме того, в заметных количествах образовалось несколько неотожествленных аминокислот. Даны количественные оценки этих составов. Представлено доказательство, что существуют полиоксисоединения неизвестного состава. HCN и альдегиды являются непосредственными продуктами разрядов. Хотя это и не доказано окончательно, но, возможно, синтез окси- и аминокислот осуществлялся в растворе благодаря окси- и аминонитритам. Кратко обсуждается значение этих экспериментов для изучения образования Земли и происхождения жизни».

Из сдержанного описания Миллером результатов эксперимента, который демонстрирует, что могло произойти несколько тысяч миллионов лет назад, я приведу несколько выдержек.

«Если эти эксперименты до некоторой степени воспроизводят восстановительную атмосферу Земли, то становится понятным, что образование органических соединений не только не сталкивалось с какими-либо трудностями, но что большая часть углерода на поверхности Земли вошла в состав органических соединений, растворенных в океане...

Эти идеи, конечно, являются лишь предположениями, так как мы не знаем, имела ли Земля восстановительную атмосферу в эпоху своего образования. Большинство геологических памятников прошлого претерпело изменение за прошедшие с тех пор 4—5 миллиардов лет, так что никаких прямых доказательств этого факта пока не обнаружено. Однако экспериментальные результаты, сообщенные здесь, свидетельствуют в пользу предположения, что Земля имела именно такую атмосферу; и если можно показать, что органические соединения, из которых построены живые системы, не могут синтезироваться в окислительной атмосфере, но что эти же органические соединения могут синтезироваться в восстановительной атмосфере, то мы приходим к единственному выводу — Земля имела восстановительную атмосферу на ранних стадиях своей истории, а жизнь возникла в море из тех органических соединений, которые образовались во времена, когда Земля имела эту атмосферу. Этот аргумент выдвигает предположение, что для возникновения жизни должно быть прежде всего много органических соединений, аналогичных тем, которые могли бы пойти на построение первого организма...

Это утверждение вместе с независимым аргументом об обилии водорода во Вселенной служит достаточным основанием для предположения о восстановительной атмосфере, что и следует учитывать при последующем обсуждении как образования Земли, так и возникновения жизни на ней».

О чрезвычайно важном продолжении работы Миллера по синтезу органических соединений, которые должны были быть предшественниками живых организмов, сообщает Ф. Абельсон — сотрудник Геофизической лаборато-

рии института Карнеги (Вашингтон). При создании гипотетических «первичных атмосфер» он подвергал испытаниям вместо смеси метана, аммиака, водяного пара и водорода, использованной Миллером, другие смеси, по все равно в итоге эксперимента всегда синтезировались аминокислоты. Например, он с успехом заменял аммиак азотом, а метан — окисью углерода и углекислым газом, которые должны были в изобилии поставляться первыми вулканами. Здесь приводится краткое резюме из его сообщения:

«При воспроизведении атмосферных условий, которые могли существовать на заре истории Земли, такие аминокислоты, как аланин, β -аланин, глицин и саркозин, были синтезированы при использовании самых различных составов. Комбинации газов, в том числе $\text{CO}_2\text{—N}_2\text{—H}_2\text{—H}_2\text{O}$; $\text{CO—N}_2\text{—H}_2\text{—H}_2\text{O}$; $\text{CO}_2\text{—NH}_3\text{—H}_2\text{—H}_2\text{O}$, были подвергнуты действию электрических разрядов, и в каждом случае образовывались аминокислоты. Подтверждена более ранняя работа Миллера, использовавшего $\text{CH}_4\text{—NH}_3\text{—H}_2\text{O}$ »¹.

Можно было бы сослаться на некоторые другие недавние сообщения сотрудников физиологических, химических и вирусологических лабораторий, а также на более ранние проницательные гипотезы о происхождении жизни; но приведенных выше цитат и аргументов должно быть достаточно, чтобы показать, что возникновение биологических организмов больше не является туманной областью исследования. Развитие макромолекул происходило естественным путем и довольно энергично! Как заметил Дж. Уолд, надо только поместить правильно выбранные молекулы в подходящую среду и предоставить их самим себе — они сами сделают все, что нужно.

¹ Ph. H. Abelson, Science, November 9 (1956).

Какова же должна быть реакция человека?

Космическая драма, которая изучается в химических лабораториях, а благодаря астро-гео-био-физическим исследованиям также в поле и на обсерватории, возбуждает все возрастающее желание понять «нервное устройство» самого исследователя, желание узнать, каким образом человеческий разум ведет нас к цели или вводит в заблуждение и чем он отличается от разума других животных. В этой заключительной главе мы кратко рассмотрим органы чувств представителей животного мира. Мы рассмотрим также кое-какие зловещие опасности, подстерегающие в грядущем род человеческий, и поставим вопрос о том, какова должна быть разумная реакция человека на его непрерывно увеличивающуюся осведомленность обо всем этом. Надлежащий ответ должны дать как профессиональные философы, так и рядовой мыслящий читатель. Собственно говоря, именно его реакция больше всего и интересует нас.

Автор считает своим долгом опять заявить, что задача каждого ученого — выявить и наилучшим образом объяснить те фактические данные, на основе анализа которых другие (если они захотят этим заняться) могут создавать философские системы и предлагать новые программы и задачи.

Давайте посмотрим, какова же реакция людей на выявленные за последнее время космические факты.

Одной из первых реакций на знакомство с рассмотренными здесь данными, относящимися к звездам, пространству, времени и человеку, вероятно, должно быть изумле-

ние и недоверие, сопровождаемое желанием не слышать более о таких вещах. «Они слишком сбивают с толку, а мы заняты жизнью».

Такой ответ, наверное, будет самым распространенным, но, к счастью, подобная реакция обычно носит временный характер и за ней, как правило, следуют любопытство, удивление, затем сомнения отступают и сменяются глубоким уважением и изумлением. На этой второй стадии вопросы задают те, кто хотел бы услышать и поразмыслить о чем-то большем, нежели простейшие факты:

«Что эти факты говорят о моей собственной значимости в мире?», «Какая зависимость между ними и различными религиозными учениями?», «Почему мы должны приспособливаться к науке (которая явно сама сталкивается с затруднениями), если безразличие или уход от бурлящего переднего края жизни в область сверхъестественного сохраняют наш образ жизни и утешительные мифы?»

Третья же реакция человека на «призыв Вселенной», как я считаю, совершенно логична. Она разумна настолько, насколько это допускается нашими довольно ограниченными органами чувств и умственными способностями. Мы начинаем вынашивать смелые идеи и задавать трудные вопросы, стремясь найти на них хотя бы неполные ответы — такие, например, как предложенные здесь.

Рост через понимание

Итак, мы — люди — весьма заурядное явление во Вселенной. У нас примитивные органы чувств. При помощи нашего Солнца мы медленно развились из чудотворной архейской тины, в которой природа поставила немало биологических экспериментов. Мы возникли из первичного «теплого бульона», из которого развились соловьи, розы и миллионы других менее приятных для нас и удивительно устроенных организмов. Впредь мы должны жить, признавая все эти космические факты, а также наше происхождение, как бы ни было такое признание неприятно приверженцам косности. В течение столетий мы знали о наших прямых предках — антропоидах — гораздо меньше, чем в настоящее время. Иногда нам говорили правду о

звездах и жизни, но большей частью мы или не прислушивались к этим высказываниям, или бездействовали.

Однако грандиозные космические явления, идет ли речь о времени и пространстве или о мировоззрении и идеях, не должны нас обескураживать. В нашем естественном процессе роста через понимание каждый наш сегодняшний день вступает в соревнование со вчерашним. К счастью для нас, это происходит большей частью инстинктивно, автоматически. Соревнование наших последующих дней с предыдущими происходит как нечто само собой разумеющееся. Если мы примем меры против естественного регресса, который часто является следствием приверженности к догмам, то мы будем продолжать развиваться, пока планеты вращаются, а Солнце излучает. Наш рост со временем так же естествен, как рост животных и растений. Они также стремятся к выживанию и росту путем приспособления и усовершенствования. Однако темп их эволюции часто даже медленнее нашего. Ведь и наше путешествие через кайнозойскую эру было, по-видимому, весьма утомительным.

Но этот автоматический, медленный, незаметный и нерешительный подъем теперь не удовлетворяет нас — ведь мы стали значительно умнее и уже кое-что знаем. И у нас есть возможность сознательно ускорить наше развитие. Это не будет увеличением размеров, силы или долговечности. Это будет рост главным образом тех качеств, которые мы связываем с мышлением; развитие таких прекрасных, хотя и не определяемых точно понятий, как доброта и отвага. И в этом суть нашей космической этики. Имеющиеся в наших руках данные ясно показывают, что мы обладаем потенциальными возможностями не только приспособиться к космическому росту, но можем, вероятно, принять участие в совершенствовании или даже преобразовании некоторых законов природы. Безусловно, каждый новый день может и должен соревноваться со всеми вчерашними днями человеческого рода.

«Родовая память»

Мы, читающие, пишущие и думающие, обладаем хорошо тренированным разумом. Обучение проводилось при помощи книг, учителей и нашими собственными стара-

ниями. Благодаря такому обучению мы кое-чему научились. Мы можем довольно сносно действовать в интересах собственной безопасности и разумно реагировать на все окружающее нас. Но без того обучения, которое началось через несколько часов после нашего рождения, вряд ли наши дела шли бы столь же успешно. С самого начала нам нужна была помощь, разумеется, во все уменьшающихся дозах, но тем не менее мы остаемся от нее зависимыми в течение всей жизни. Те инстинкты, которые мы приписываем только что появившимся на свет комарам или комнатным мухам, о которых никто не заботится, не способны помочь нам в самом начале нашей жизни, даже если мы физически жизнеспособны. Если бы о нас не заботились, мы могли бы только истошно кричать, требуя, чтобы нас накормили. Позднее нас научили более утонченному требованию пищи. Эта утонченность является отчасти следствием нашего воспитания, а комнатная муха рождается уже воспитанной. При различных жизненных процессах она пользуется не только собственными нервными центрами, принимая непредвиденные решения и сразу же осуществляя их, но использует также и главным образом свою «родовую память», которой так не хватает нам.

Вероятно, в нашем поведении больше инстинктивного, чем мы сознаем, и, может быть, больше, чем мы хотели бы признать, гордясь нашими способностями и нашим умом. Однако отношение количества неинстинктивных поступков к количеству инстинктивных для нас велико, а для мухи мало. Мы можем сформулировать это иначе: отношение решений, принятых лично нами, к решениям, которые предопределил опыт нашего рода, велико, поскольку родовой опыт очень мал. Комнатная же муха принимает сама некоторые решения, но большей частью она пользуется памятью тысяч поколений мух, постепенно нажитой и натренированной.

Космос так обширен, а поддержка, которую оказывает природа существованию *Homo sapiens*, так незначительна, что, право, было бы уместнее поменьше говорить о превосходстве человека, о том, что он является избранныком божьим. Можно спросить, кто же был божьим избранником на протяжении полумиллиарда лет в палеозойскую

и мезозойскую эры, когда человека еще не существовало и тысячи видов удивительных животных боролись за существование на Земле?

Те, кто считает, что человек резко выделяется среди прочих живых существ, часто говорят, что превосходство человека обусловлено его «историческим значением». Они, вероятно, имеют в виду истории, написанные Гиббоном, Паркменом и Тойнби. Или, если вдуматься глубже, они также имеют в виду устное народное творчество нескольких последних тысячелетий. Но ведь еще более древняя неписаная история содержится в материнских поучениях «можно» и «нельзя», обращенных к младенцу, сознание которого только начинает пробуждаться. Мать вкладывает в эти поучения свой «исторический смысл». Чем же в принципе отличаются эти поучения от воробьиного чириканья над потомством или шевеления усиками рабочих муравьев около недавно появившихся молодых особей? И не является ли половое влечение миллионов видов животных лишь одним из проявлений таинственной и волнующей истории веков, причем более убедительным, чем символы, нацарапанные высокоорганизованными и тщеславными первобытными людьми на стенах пещер, или систематизированные записи, изложенные в объемистых томах?

Реакция живущего на Земле мыслящего человека на окружающий мир в принципе не отличается от реакции других земных организмов. Возможно, по сравнению с «высшими» внеземными чувствующими созданиями нам вообще нечем гордиться.

«Но только человек,— можете настаивать вы,— действует на основе своего исторического опыта». Опять чепуха. Во-первых, он действует не очень-то успешно: он ввязывается в бессмысленные и бесполезные войны и совершает жестокие поступки. Опыт истории как будто не пошел ему на пользу. Во-вторых, большинство животных, так же как и человек, действует на основе опыта. Выживание наиболее приспособленных есть реакция организма на исторический опыт.

Не может быть лучшей лаборатории для выработки правильного взгляда на место человека в этом сложном мире, чем цветущая лужайка, журчащий ручей или спиральная галактика. Ведь зеленые листья «вскормлены»

излучением звезды. Ручей, бегущий через пороги под действием закона всемирного тяготения, размывает породы и разрушает величественные горы древности. Могучие кленовые деревья, которые тихо дремлют на протяжении десятилетий, существуют в той же Вселенной, что и туманность Андромеды с ее миллиардами звезд. Дерево подчиняется тем же законам тяготения, что и звезды в шаровом скоплении. Более того, дерево состоит из тех же самых сложных молекулярных соединений, что и гнездящиеся в его ветвях птицы, живущие в его корнях насекомые и размышляющие над всем этим ученые.

Из всего этого следует простой вывод: мы неразрывно связаны со всеми живыми организмами, а за пределами живой природы — с горными массивами и буйными ветрами.

Конечно, мы вправе воображать себя толкователями прошлого и оракулами будущего всех земных организмов, звезд и туманностей, всех основных сущностей мира. Одной из наших галлюцинаций могло быть, например, представление, что мы господствуем во Вселенной, потому что можем мыслить и систематизировать наблюдаемые в мире процессы¹.

Но каждый, кто внимательно наблюдал жизнь общественных насекомых, не стал бы хвастать превосходством общественного сознания людей. Он не мог бы даже особенно настаивать на превосходстве человеческого мозга.

¹ Разве не правда, что для гусеницы бог серого цвета, что он Великий Обжора, Вечный Едок! Ирландский поэт У. Б. Йитс пишет, что, очевидно, шотландская куропатка, цветок лотоса и кошуля — все требуют, чтобы бог был сделан по их образу и подобию, и добавляет, что он

«Прошел немного дальше и слышал, как павлин сказал:
«Тот, кто создал траву, и червей, и мое блестящее оперенье,—
Исполнительный павлин; это его хвост, украшенный мириадами
«павлиньих глаз»,

Всю ночь колышется над нами».

Йитс продолжает:

«Наконец я достиг самого темного места лесистой долины:
Где-то во мраке некий голос говорил о вере и гордости человека:
«Бог, управляющий миром, создал звезды, светящие в небе,
Обликом он точная копия человека, а я — его величайшее
творение!»

А Мэри Бейкер Эдди спрашивает: «Бог всех смертных — тоже смертный, только увеличенный?»

Ведь, изучая общественных животных, он насмотрелся на множество удивительных вещей. Он видел, как пчела своим замысловатым танцем указывает сборщицам меда, где искать пыльцу. Он был свидетелем того, как крохотные насекомые выполняют сложнейшие операции. Даже случайный наблюдатель меньше хвастал бы превосходством человека, если бы у него не было в запасе избитых фраз: «Это их слепой инстинкт. Они не думают. Они не могут рассуждать. У них даже нет мозга как такового».

Даже неглубокий анализ опровергает подобные рутинные утверждения. Слово «слепота» в гораздо большей степени относится к такому критику. Лучше было бы говорить не «слепой», а «великий» инстинкт. Утверждение, что «они не думают», лишено какого бы то ни было основания и ошибочно или же оно накладывает ограничения на понятие «думать». А говорить, что «у них даже нет мозга как такового», — значит, довольно легкомысленно согласиться с мнением, что только совокупность нервных клеток, заключенных в черепную коробку, и есть «мозг как таковой».

«Только мы можем рассуждать», — еще одно совершенно необоснованное утверждение. Какие есть доказательства бессмысленности и неразумности выбора птицей места для гнезда или пауком для паутины? Многое обусловлено их «родовой памятью», но глубоко осмысленные приспособления к конкретным ситуациям довершают остальное. Напротив, мы, высокоразвитые приматы, унаследовали от предков немного, но зато обладаем большими способностями осмыслить необычную окружающую обстановку и приспособиться к ней. Здесь все дело в количественных различиях, а не в принципиальных. В некоторых отношениях мы не только не возвышаемся над другими животными, а лишь приближаемся к ним, — иногда не очень близко. Но мы обладаем и такими качествами и навыками (например, мы умеем читать), которыми они не владеют даже в малой степени; наиболее высокоорганизованным млекопитающим в разной степени присущи наши добродетели и пороки, наши способности и беспомощность.

Мораль всего сказанного такова: не преувеличивайте значение человека, даже когда определяете его место среди растений и животных на нашей планете, а тем более

когда речь идет о возможных существах, находящихся где-либо в сокровищницах Метагалактики.

Но не будем изнурять себя обличениями эгоцентризма и тщеславия человека. Лучше не поносить самонадеянного примата, а просто обратить внимание читателя на существование «родовой памяти» — самого драгоценного наследия большинства животных форм. Не могу не отметить также, что на протяжении миллионов лет тысячи видов животных приобрели защитные приспособления, навсегда утраченные нами, и, чтобы выжить, мы должны прибегать к помощи материнских наставлений, народных сказок и учебников истории.

Данная выше оценка тех, кто умеет писать и читать, освещает лишь один из вопросов проблемы положения человеческого рода в биологическом мире. Человек не только существует во времени и пространстве, но и является участником высших биохимических процессов и сложнейших нервных реакций. Понятие «ориентировка» имеет много аспектов.

Об ограниченности наших органов чувств

В предыдущих главах мы неоднократно упоминали, что чувствующие организмы как результат биохимической эволюции должны быть широко распространенным явлением во Вселенной. Исходя из общих соображений о происхождении планет и эволюции химических соединений на поверхности остывающей планеты, мы пришли к выводу, что, во-первых, существует не меньше ста миллионов планет с высокоразвитой жизнью и что число таких планет, быть может, больше ста триллионов. Во-вторых, нет никаких возражений против того, что биохимическая эволюция, скажем, на половине пригодных для жизни планет достигла того же или более высокого уровня развития, чем на нашей планете. Таким образом, отвечая на поставленный ранее вопрос, мы говорим, что мы не одиноки во Вселенной, и, следовательно, у Всемогущего (или у Природы) полно забот. Но прежде чем мы обратимся к этому кругу вопросов, я хотел бы сделать кое-какие замечания об орудиях понимания окружающего мира. При этом мы опять будем иметь возможность обна-

ружить, что наша самоуверенность будет (не без пользы для нас) ущемлена.

Нас, естественно, интересует, не могли ли какие-либо из тех далеких от нас чувствующих организмов, живущих в свете и тепле подобающим образом размещенных звезд, опередить нас в изучении динамики Вселенной. Мы ушли в этом вопросе не очень далеко, так как со всех сторон нас окружают вещи и явления еще не известные, может быть, непознаваемые. Большинство из нас знает только то, о чем мы прочитали или услышали от других. Органы зрения и слуха позволяют нам лучше всего судить о том, что к чему и почему. Если бы мы были лишены органов зрения и слуха, мир казался бы нам очень странным. Обладая более совершенными глазами и ушами¹, а также дополнительными органами чувств, мы, возможно, знали бы гораздо больше, чем в настоящее время.

Наиболее важную помощь человеческому уму в понимании как микрокосмоса, так и макрокосмоса Вселенной оказывает спектр электромагнитного излучения в том его виде, в котором он используется в настоящее время. Большая часть наших знаний о Вселенной в прошлом была получена нами благодаря информации, поставляемой только одним из органов чувств — зрением. Однако наши глаза чувствительны лишь к малому участку большого спектра излучения — они чувствительны к интервалу от фиолетового света до красного, что составляет гораздо меньше двух октав. Изобретение искусственных «органов чувств» расширило наши возможности, и мы перешли к изучению природы в области, охватывающей свыше пятидесяти октав — от лучей с длиной волны в миллиардную часть сантиметра, через гамма-лучи, рентгеновские и ультрафиолетовые лучи, видимую область спектра от фиолетового до красного конца, а затем к тепловым лучам, к радиоволнам до электромагнитных волн, длина которых измеряется километрами. Мы не воспринимаем это

¹ Но что было бы, если бы наш слуховой аппарат был чувствителен ко всем длинам волн? Мы могли бы тогда слышать, как молекулы воздуха ударяются друг о друга. Какой тогда был бы грохот! Страшный шум! Эти звуки могли бы легко заглушить все остальные. Мы не слышали бы ни музыки, ни криков, ни речи. «Стук» молекул служил бы такой же помехой для слуха, как мгла и туман — для зрения.

нецветовое излучение непосредственно сетчаткой нашего глаза, но изучаем и используем его при помощи различных приспособлений: фотопластинок, счетчиков Гейгера и фотоэлементов.

Глаза и другие органы чувств возникли у животных естественным путем как средство борьбы за существование, а не для исследования процессов во Вселенной. В понятие практических потребностей существования до недавнего времени не входила потребность в так называемых «непрактических» знаниях. Наши духовные запросы в своем развитии опередили возможности данных нам природой органов чувств.

Оказывается, область спектра от фиолетового цвета до красного, воспринимаемая глазом человека, охватывает как раз ту часть спектра, в которой излучение Солнца наиболее интенсивно. Действительно, интенсивность излучения Солнца невелика в коротковолновой области рентгеновских лучей или в области длинных радиоволн.

Если на планете, близкой к более горячей и, следовательно, более голубой звезде, чем Солнце (как, например, Ригель в созвездии Ориона), существуют какие-то зрячие животные, то их глаза, вероятно, более чувствительны к свету в голубой части спектра, чем наши, а на планетах, близких к более холодным, т. е. более красным звездам (таким, как Бетельгейзе), они более чувствительны к красноватому свету. Конечно, не наше Солнце стало желтоватым, чтобы соответствовать чувствительности нашего глаза! Наоборот, наше зрение менялось таким образом, чтобы воспринимать наиболее интенсивное излучение нашей звезды.

Здесь особо следует подчеркнуть, что человек не обладает органами чувств ни для восприятия длинных волн, ни тех видов коротковолнового излучения, которые отстоят еще дальше в фиолетовую сторону спектра, чем фиолетовые лучи. Человек слеп ко всему электромагнитному спектру, за исключением узкой «видимой» области. Если бы он был с самого начала оснащен чувствительными приемниками для всех длин волн от жестких рентгеновских лучей до длинных радиоволн, его сведения о мире, может быть, значительно отличались бы от тех, которые он медленно приобретал при помощи своего ограниченного

зрения. Сейсмические волны, темные молнии, молекулярные движения — все эти явления были бы давно общеизвестны, если бы человек был оснащен соответствующим образом. Но, чтобы прокормить себя, чтобы убежать от врагов или победить их, чтобы найти себе пару, человек не очень-то нуждался в солнечном излучении тех длин волн, на которых ведутся наши радиопередачи. А с тех пор как завершилось развитие атмосферы Земли и озонный барьер стал поглощать ультрафиолетовое излучение, человек, подобно любому животному, не имел практической надобности также и в коротковолновом излучении Солнца. И только в современную психозойскую эру Земли для истолкования явлений природы у человека возникла потребность в новых органах чувств, и для удовлетворения некоторых из этих потребностей он изобрел искусственные органы чувств.

Даже обладая хорошим зрением, слухом, слабым обонянием и развитым осязанием, человек все же не слишком хорошо оснащен для овладения космическими тайнами. Как организм, стремящийся к знаниям (и знаниям глубоким), он довольно примитивен, если не по интеллекту, то в смысле ощущений. (Примитивизм анатомии нашего тела, конечно, признается всеми.)

Наши органы чувств, я повторяю это, ограничены в своих возможностях. Каждый рецептор человека (за исключением, может быть, тех, которые относятся к умению различать цветовые тона) гораздо менее совершенен соответствующего органа чувств того или иного животного — зрения сокола, слуха собаки, обоняния насекомого. Некоторые звезды обладают очень сильными магнитными полями; поле нашего Солнца слабое, и мы не развили какого-либо рецептора для его восприятия.

Но эта ограниченность органов чувств и вытекающая отсюда неспособность воспринять многое в природе, возможно, присуща лишь нам — жителям Земли. На основе новых оценок огромного числа звезд во Вселенной и высокой вероятности существования миллионов планет, на которых развитие жизни достигло более высоких ступеней, мы отдаем себе полный, уничижающе полный отчет в том, что мы, может быть, лишь капли интеллекта в жизни Вселенной. Я мог бы развить дальше эту неприятную

мысль, указав, что у организмов других планет с более развитыми органами чувств могут вполне существовать рецепторы, качественно совершенно не известные нам и воспринимающие явления, о которых мы и не подозреваем.

Иногда считают, что животные и растения нашей планеты обладают какими-то органами чувств, отличными от наших — не только простое расширение диапазонов слуха, зрения или обоняния, но реакции на совершенно иные «раздражители». Так, пчелы и муравьи реагируют на поляризованный свет, а мы — нет. На что-то реагируют птицы при перелетах. А среди нас есть и такие, которые фантазируют о рудиментарных или эмбриональных чувствах, управляющих психикой человека¹.

Скромность приходит сама собой

Не останавливаясь подробно на степени вероятности этих гипотез, давайте лучше просто отметим, что антропоцентрические учения, которые до сих пор были так явно связаны с Землей, человеческим разумом и поведением, в настоящее время получили возможность дальнейшего развития в связи с познанием космических явлений. Если теолог считает затруднительным для себя признать всерьез настойчивое утверждение автора, что бог человечества — это бог тяготения и бог атомов водорода, то по крайней мере он, может быть, пожелает рассмотреть резонность распространения тех интеллектуальных или духовных возможностей, которые он приписывает нам, на высокоорганизованные чувствующие существа, развившиеся где-то среди мириад галактик. Для меня лично идея божества на одной планете мало привлекательна.

Вы можете сказать, что все это — только недостаточно обоснованные гипотезы и что вы предпочитаете верить, доказывать и поклоняться иначе. Я признаю за вами право следовать вашим убеждениям. Но мы намеревались серьезно подумать о космических фактах. Будем надеяться, что ответы на ваши вопросы вы не будете искать в успокоительных привычных представлениях или в ирра-

¹ Органы чувств животных с подлинным знанием дела обсуждаются в книге Карти (J. D. Carty, *Animal Navigation*, London, 1956).

циональных гипотезах. Новые знания, добытые многими путями — при помощи электронной лампы, спектра электромагнитного излучения, электронного микроскопа, экспериментов в сельском хозяйстве, радиотелескопов, математических уравнений и космотронов, — открытия, сделанные при помощи новых методов и инструментов, в корне изменили многие прежние представления о мире. Новые экспериментальные и теоретические данные способствуют раскрытию тайн величественной Вселенной. Участие в этом процессе — само по себе большая честь. В нашем существовании и эволюции мы связаны с нашими собратьями на далеких планетах, с животными и растениями на суше, в воздухе и воде, с горными массивами и скалами всех планет, с фотонами и атомами, из которых построены звезды. Мы не можем не быть скромными. А как философы и ученые мы благодарны именно за то, что существуют тайны, которые пока еще находятся за пределами нашего знания.

Есть люди, которые, вероятно, могли бы присоединиться ко всему сказанному, признав подобную точку зрения чем-то вроде своей философии или религии. Я надеюсь, что они вряд ли захотят «спуститься» с галактик на Землю; вряд ли они отвернутся от космических просторов и космических интервалов времени ради того, чтобы заняться только одной органической формой на поверхности одной маленькой планеты вблизи рядовой звезды на краю одной из галактик. Да умножатся их ряды!

Рыба или Ното? — вот с чем вопрос

Успешный эксперимент с протоплазмой (как мы могли бы назвать жизнь на Земле) иллюстрирует сложность земной природы. Вероятно, наше тело и разум гораздо сложнее и удивительнее, чем мы думаем. Даже богатейшей человеческой фантазии трудно представить всю сложность простейшей живой клетки и вместе с тем согласованность всех ее функций. Точно так же наше воображение было бы потрясено, если бы мы могли до конца разобраться в механизме, действующем в отдельно взятой молекуле. Вымысел намного отстает от фактов. Еще не открытое, еще не известное, но не непознаваемое намного превосходит

то, что мы знаем, открывая перед нами счастливое будущее исканий и находок.

Хотя наш опыт и знания, которыми мы располагаем, ограничены, нас тем не менее ободряют наши успехи в понимании — пусть грубом и приближенном — того мира, который существует сейчас и существовал уже давно, и мы пытаемся предсказать, каким будет грядущий мир.

Беспокойство человека о своем собственном будущем, как о будущем отдельной личности, инстинктивно и часто очень велико. Его можно было бы уменьшить. В статистических таблицах подсчитано, сколько он может прожить. Беспокойство человека о будущем человеческого рода в наши дни невелико, и его, пожалуй, можно бы усилить. Мы думаем об этом, когда мы вопрошаем, что же предстоит человечеству в далеком будущем, когда галактики рассеются, Луна потускнеет, а массивные горы будут разрушены благодаря длительному воздействию ветров и дождей. Я нахожу, что подобные размышления — признак того, что мы все искренне стремимся к «росту» — если не росту тела, то росту ума, если не развитию отдельной личности, то рода.

Раз люди и в будущем должны полагаться на свой разум и накопленный житейский опыт и не могут рассчитывать на врожденную «родовую память» и раз они должны вести непрерывную борьбу с Природой, частью которой они сами являются, то нас беспокоит и интересует вопрос, что же в конце концов восторжествует на Земле — мужество или покорность? В качестве примера покорности я мог бы выбрать рыб. Они пользуются инстинктами, а не лобными долями мозга.

«Рыба или *Ното?*» — вот в чем вопрос. Кто из них будет наверняка существовать и через 10 000 лет, а кто падет жертвой судьбы и глупости? Ответ, конечно, совершенно очевиден. Рыбы существуют несколько сотен миллионов лет, человек же — только несколько сотен тысяч. Соленость, температура и запасы пищи в океанах достаточно постоянны, чтобы неограниченное время удовлетворять потребности тысяч видов рыб. Трудно вообразить себе, каким образом количество животных этого класса может сократиться, если не разрушить планету или не

отравить планктон всех океанов. Но 10 000 лет — это довольно большой интервал времени для *Ното*. Ни строение его тела, ни социальные взаимоотношения не гарантируют ему такой длительной жизни.

Какая же сила, спросим мы, могла бы положить конец человеческому роду?

Противодействие выживанию

Почти три четверти земной коры покрыто океанами; а суша в различной степени выступает над уровнем моря. Происходят опускания и подъемы береговой линии. Горы разрушаются под действием ветра и дождя и поднимаются снова вследствие того, что земная кора образует складки. Однако в общем на протяжении геологических эпох континенты, по-видимому, довольно устойчивы. Экстраполируя в будущее, мы должны сказать, что совершенно невероятно, чтобы вся поверхность суши, где обитает человек, была затоплена океанами или, наоборот, чтобы все океаны испарились и человек погиб из-за недостатка воды. Человечеству угрожают не эти беды.

Давайте заглянем глубже в эту проблему и посмотрим, под действием каких факторов мог бы полностью погибнуть человеческий род. Во-первых, установим интервал времени — не слишком короткий и не слишком длинный. Представляется весьма вероятным, что человеческий род будет еще господствовать на этой планете через сто лет, но для интервала сто миллионов лет это уже не столь очевидно. Вполне возможно, наш род будет существовать через тысячу лет, но нельзя поручиться за сто тысяч лет.

Рассмотрим, какова вероятность, что человечество еще будет существовать на земной поверхности через десять тысяч лет. Большинство излагаемых ниже соображений научно вполне обосновано и содержит лишь небольшую примесь фантазии, в то время, как остальные пока еще обоснованы недостаточно и являются скорее гипотезами.

Начнем с макроскопических причин гибели. Какова вероятность столкновения Земли со звездами? Направления движения звезд очень разнообразны, причем ближайшие к Солнцу звезды движутся со средними скоростями около 35 км/сек. Если бы Земля или даже Солнце столк-

нулись с одним из этих тел, с жизнью на Земле было бы покончено. Но звезды настолько далеки друг от друга, что в выбранном нами относительно коротком интервале времени (десять тысяч лет) о столкновениях не может быть и речи. Вероятность такого столкновения со звездами настолько мала, что мы можем считать себя надежно застрахованными от них.

Но не остынет ли Солнце настолько, что мы замерзнем, или не вспыхнет ли оно внезапно, как новая звезда, и не испепелит ли планеты? Это совершенно невозможно или по крайней мере в высшей степени невероятно, так как Солнце — звезда относительно спокойного устойчивого типа, а его излучение на протяжении многих сотен миллионов лет не менялось. В нем содержится вполне достаточно водорода, чтобы поставлять энергию излучения на протяжении времени, в миллион раз превышающее то, которое мы задали.

Итак, нам не грозит опасность ни со стороны звезд, ни Солнца. Может быть, изменится орбитальное движение Земли, и она подойдет слишком близко к Солнцу или отойдет слишком далеко от него? Ответ отрицателен. Математический расчет показывает, что орбиты планет вполне устойчивы на протяжении тех интервалов времени, которые мы здесь рассматриваем. Земля движется практически в пустоте по почти круговой орбите вокруг Солнца, и ни ее суточное вращение, ни длительность года не изменятся ощутимо за рассматриваемые нами сто веков. (Мы могли бы, конечно, приспособиться к небольшим изменениям, как это было в периоды оледенений в северном полушарии в последние сто тысяч лет.)

Мы уже говорили об относительной стабильности континентов и океанов. Земная жизнь легко приспособилась к подъемам и опусканиям суши и моря за последние миллионы лет. И в заданные нами десять тысяч лет медленные смещения гор и береговой линии практически не опасны. Вероятно, человек всегда сможет вовремя покинуть место, куда наступает ледник или пустыня. И, конечно, если он до сих пор без особого труда спасался от вулканических извержений, бурь и наводнений, то он сможет избежать такого рода опасности и впредь, разумеется, если он не станет менее смелым.

Можно, конечно, предположить, что в атмосфере накопится много ядовитых вулканических газов и она станет непригодной для дыхания земных животных, в том числе и человека. Но такого случая не было за последние пятьсот миллионов лет, и совершенно невероятно, чтобы это произошло в последующие десять тысяч лет, поскольку вулканическая деятельность на Земле постепенно затухает.

Вероятность отравления атмосферы межзвездным газом и пылью также очень мала. Во-первых, потому, что межзвездный газ состоит в основном из неядовитых газов — водорода и гелия. Во-вторых, количество этих газов столь невелико, что наша собственная атмосфера защитит нас от них, подобно тому, как она предохраняет нас от крохотных быстролетающих межпланетных метеорных частиц.

Пока что мы констатируем, что ни звезды, ни межзвездная пыль, ни избыток или недостаток солнечного излучения, ни отклонение Земли от ее современной орбиты, ни губительные климатические условия, ни изменение химического состава атмосферы, гидросферы или литосферы Земли не могут истребить род человеческий на Земле.

Обратимся к биологическим наукам. Теперь нам не опасны ни хищные звери, ни какие бы то ни было растительные или животные организмы. Мы в состоянии бороться с вирусами, бактериями и т. п. хотя бы в той мере, чтобы спасти наш род от вымирания. Конечно, какое-нибудь роковое всемирное несчастье возможно. Например, может откуда-нибудь с пострадавшей звезды пожаловать к нам какая-нибудь инфекция и заразить белковые вещества. Но теория вероятности считает такой случай невозможным. Итак, вероятность несчастья, связанного с астрономическими телами, составляет менее одной миллионной; вероятность серьезных затруднений, обусловленных климатом, вулканами, всемирным потопом или засухой — менее одной тысячной; вероятность глобальной эпидемии — может быть, менее одной сотой.

(Даже если бы 99% населения Земли вымерло, то все еще осталось бы более двадцати миллионов человек. Одно дело и, может быть, не слишком трудно осуществимое — разрушение цивилизации, и совсем другое, гораздо более трудное — полное истребление рода человеческого.)

Иными словами, человеку, по всей вероятности, гарантировано будущее — ему не угрожают ни звезды, ни климат, ни микробы. Но подождите! Я не сказал о реальной опасности, а она жестока и зловеща. Каждый в наши дни согласится с этим. Опасность кроется в самом человеке. Он свой самый злейший враг. Он создает орудия и изучает методы, с помощью которых можно в короткий срок полностью стереть с лица Земли род человеческий.

Много можно было бы написать о различных способах самоуничтожения человечества и о том, что можно предпринять для защиты от этой мрачной опасности. Но это не входит в круг вопросов, затрагиваемых в данной книге. Скорее это обязанность каждого, кто хочет оправдать наименование *sapiens* нашего рода *Ното*.

Исповедь оптимизму

Мне кажется уместным закончить этот очерк призывом к скромности и надежде. Конечно, нам следует примириться с нашими заурядными достижениями в познании мира в целом. Мы знаем достаточно, чтобы, как и большинство других животных, не погибнуть, и мы в состоянии преодолеть различные препятствия. Продолжая развиваться далее, мы можем создать новый мир, совершенный и прекрасный. Нас много, и наша работа производит сильное впечатление, хотя и мы сами, и наша деятельность ограничены поверхностью одной планеты и ее непосредственными окрестностями.

Я полагаю, что ум и сердце человека будут успешно противостоять угрожающим человечеству опасностям по мере их возникновения. Наше пребывание на довольно устойчивой планете в общем-то весьма приятно, но его можно сделать по-настоящему счастливым. Мы уже увеличили продолжительность человеческой жизни. Мы воздвигли этические системы, которые в основном гарантируют нам безопасность и удовлетворенность, но нас сильно беспокоит то, что они часто нарушаются. Мы знаем, что законы звезд неумолимы, течение времени необратимо, смерть непостижима и ее нельзя избежать. Но тем не менее, если мы сплотимся, свет победит тьму. Воображение может проникнуть туда, где знание пока еще бессильно.

Мы, высшие приматы, проникли в полуизвестные космические факты достаточно далеко, чтобы понять, как полезна творческая фантазия, когда факты запаздывают.

Я лично убежден (или это фантазия?), что главными направлениями биологического развития должны быть увеличение продолжительности жизни, усовершенствование организма как сложного комплекса и улучшение приспособляемости к условиям жизни. Человек, будучи полузверем-полуангелом, должен не только подчиняться общим биологическим законам, но он в состоянии вносить в них исправления.

Изучая жизнь с материалистических позиций, стремясь к объяснению Космоса на экспериментальной основе, мы осуждаем веру в сверхъестественное — последний оплот иррационального. Но благодаря человеческому разуму тормозящая прогресс вера в сверхъестественные силы отступает широким фронтом, как никогда ранее. Вера в сверхъестественное заменяется размышлением. Разум овладел многими аванпостами в нашей непрерывной борьбе против тирании неизвестного. Когда мы сталкиваемся с такими проблемами, как возникновение жизни, связи внутри атомного ядра, орбиты звезд в шаровом скоплении, электрохимическая природа мышления или некая сверхсущность материальной Вселенной, нам теперь не надо апеллировать к чему-то, существующему вне природы. Мы можем взяться за разработку подобных вопросов с позиций разума.

Деятельность человека в трех основных областях — физической, умственной и общественной — может быть значительно и всесторонне улучшена. За время с эпохи плиоцена до наших дней мы достигли многого и можем сделать еще больше. Вероятно, люди будущего избавятся от наших недостатков и построят на основе наших мыслей и дел более совершенную как в интеллектуальном, так и в социальном отношении систему, лучше гармонирующую с теми большими возможностями, которые природа предоставила доминирующему на Земле роду человеческому.
