

Обитаемость небесных тел до сего дня остается под сомнением. Даже лучшие астрономы не решаются высказаться по этому вопросу. Причина, главным образом, лежит в самомнении человека.

«АУМ»<sup>193</sup>, 137

Почему Космос ограничивать одною Землю и думать, что Космос дал одно убежище человеку?

«Беспредельность», 62

Теперь, когда мы познакомились со строением Вселенной и осознали место, которое занимает человек в этом огромном мире, естественно, возникает вопрос, — существуют ли другие разумные существа во Вселенной? Мы видели, что Земля — одна из планет, обращающихся вокруг Солнца. Помимо планет, в состав Солнечной системы входит множество малых тел — астероидов и комет. Сердцем всей этой системы является Солнце. Но Солнце — лишь одна из звезд, мириады которых усеивают небесный свод. Мир звезд чрезвычайно разнообразен. Звезды отличаются по размерам, массе, светимости и другим параметрам. Тем не менее, природа всех звезд одна. (Мир сложен, но един в многообразии.) Звезды — это те же солнца, и около них могут быть свои планеты с населяющими их разумными существами. Наше Солнце вместе с другими звездами входит в гигантскую звездную систему — Галактику, насчитывающую более ста миллиардов звезд. А в пределах наблюдаемой нами области Вселенной содержится более десяти миллиардов подобных звездных систем — галактик.

Если представить себе Солнечную систему как многоквартирный Дом, в котором мы живем, то Земля будет одной из квартир этого Дома. Галактика уподобится невероятно громадному Звездному Городу, содержащему 100 миллиардов таких домов. А вся наблюда-

---

<sup>193</sup> Учение «Живой Этики».

мая область Вселенной, вся Метагалактика будет подобна гигантскому Звездному Острову, на котором находятся десятки миллиардов таких звездных городов. Человечество подобно младенцу, вступающему в жизнь. Мы уже освоились в своей квартире — на своей планете Земле и начинаем делать первые робкие шаги за ее пределы, к другим планетам Солнечной системы. А весь огромный Звездный Остров? Мы можем любоваться им из окна своей квартиры (оптическое окно прозрачности земной атмосферы), но этот мир остается пока недоступным для нас. Недоступным — в смысле прямого посещения. Однако мы можем изучать его с помощью своих телескопов. Наблюдая этот Гигантский Мир, мы задаем себе вопрос — может ли быть так, что весь Город мертв, весь Остров мертв, и лишь в одном из городов этого Острова, в одном из домов этого Города, в одной из квартир этого Дома живем мы — люди Земли, а вся остальная Вселенная остается безжизненной? Может ли быть так, что крошечная песчинка Вселенной, на которой мы обитаем, служит единственным пристанищем разумной жизни? Подобные же вопросы задавали себе люди много веков назад, хотя их представления о Вселенной отличались от наших. Познакомимся, как изменялись взгляды на этот вопрос в течение столетий.

#### 4.1. От античности до наших дней

Философия древняя советовала мыслить о дальних мирах, как бы принимая в них участие. В разных формах давались эти указания.

«Братство», 162

Изучение природы рождает и укрепляет в человеке веру в многочисленность обитаемых миров.

К. Фламарион

Представления о разумной жизни во Вселенной, о Космическом Разуме пронизывают всю древнюю философию, пересекают пласты мифологической культуры и теряются где-то в глубинах доисторических времен, откуда до нас дошли легенды об Атлантиде и Лемурии, о Сынах Неба и Учителях человечества. Убеждение в обитаемости Вселенной, в множественности обитаемых миров было широко распространено в античном мире. Можно привести немало имен выдающихся античных мыслителей, принадлежавших к различным философским школам, которые были едины в этом убеж-

дении: Анаксимандр, Пифагор, Анаксагор, Платон, Демокрит, Гераклит, Эпикур, Плутарх и многие другие. Часто они исходили из общих умозрительных представлений о беспредельности пространства, а также из идей гилозоизма и пантеизма. Хорошо известно высказывание греческого философа Метродора (V век до н. э.): «считать Землю единственным населенным пунктом в беспредельном пространстве было бы такой же вопиющей нелепостью, как утверждать, что на громадном засеянном поле мог бы вырасти только один пшеничный колос». Среди образованных людей Древней Греции подобные взгляды, по-видимому, были достаточно распространены.

Известный французский археолог XVIII века Жан Жак Бартеlemi в своей книге «Путешествия молодого Анахарсиса по Греции» в форме легкого повествования нарисовал яркую и, по мнению специалистов, правдивую картину общественной жизни древних греков. Их взгляды о населенности миров Бартеlemi вкладывает в уста верховного жреца храма Изиды:

«Верховный жрец Каллий, близкий друг Евклида, сказал мне после этого — толпа не видит вокруг населенного ею земного шара ничего кроме небесного свода, ярко освещенного днем и усеянного звездами ночью; это для них граница вселенной. Но для многих философов вселенная уже не имеет границ, для них она расширилась до таких размеров, перед которыми в страхе останавливается даже наша сила воображения. Сначала люди предполагали, что Луна обитаема. Затем было высказано предположение, что звезды тоже представляют собой миры и, наконец, что число миров может быть бесконечно, потому что ни один из них не может ни ограничить, ни охватить другого. Какой дивный путь открывается для человеческого духа! Для того чтобы пройти его, чтобы пройти через вечность, возьми крылья утренней зари и лети к Сатурну, лети к небесам, расстилающимся над этими планетами: ты непрерывно будешь встречать новые небесные тела, новые звезды и миры над мирами; всюду ты найдешь бесконечность, в материи, в пространстве, в движении, в численности миров и звезд, украшающих миры, и если ты будешь глядеть миллионы лет, то ты все-таки едва успеешь увидеть лишь несколько точек в беспредельном царстве природы. О! Какой великой представляется нам природа при этой мысли! И если наша душа действительно способна расширяться вместе с этой мыслью и каким-либо путем слиться с воспринятыми ею идеями, то каким чувством гордости должно наполнить человека сознание, что он проник в эти непостижимые глубины.

— Чувство гордости! — воскликнул я удивленно, — но почему же, досточтимый Каллий? Мой дух чувствует себя стесненным при виде этого безграничного величия, перед которым исчезает все остальное. Ты, я, все люди в моих глазах кажутся теперь крохотными существами в необъят-

ном океане, среди которого владыки и завоеватели выделяются только тем, что они в окружающей их воде шевелят несколькими каплями больше, чем другие.

При этих словах верховный жрец пристально взглянул на меня; после короткого молчания он пожал мне руку и сказал: «Сын мой! Самое крохотное существо, начинающее познавать бесконечность, принимает участие в том величии, которое наполняет его удивлением».

Сказав это, Калий удалился, а Евклид заговорил со мной о людях, которые верят в многочисленность миров, о Пифагоре и его учениках». (Фл., 1909, с. 33–34)<sup>194</sup>

Этот впечатляющий отрывок, рисующий взгляды просвещенных греков времен Платона, представляет собой позднейшую реконструкцию Бертелеми. Можно привести подлинные высказывания античных авторов. Одним из горячих приверженцев идеи множественности обитаемых миров был знаменитый римский философ и поэт Лукреций Кар, живший в I веке до н. э. Он считал, что видимый нами мир не единственный в природе. За пределами этого мира, в других областях пространства, над видимым звездным небом располагается *невидимая* вселенная. И в этой вселенной имеются другие миры и другие земли, населенные другими людьми и другими животными. И видимую, и невидимую вселенную Лукреций Кар считал материальными. В своей поэме «О природе вещей» он писал:

«Если волны созидающей материи в тысячах различных видов проносятся по океану беспредельного пространства, то неужели их плодотворности хватило только на создание земного шара и его небосвода? Неужели возможно, что за пределами видимого небесного свода мировая материя осуждена на мертвое бездействие? Нет и нет! Если творческие элементы из себя создали массы, из которых возникли небеса, воды и земля с ее обитателями, то эти элементы материи, несомненно, должны были и в остальном пространстве вселенной создать бесчисленное множество живых существ, морей, небес и земель; они должны были усеять вселенную мирами, схожими с тем миром, на котором мы несемся по волнам эфира. Всюду, где бесконечная материя находит пространство, в котором она может беспрепятственно проявить свои силы, она создает

<sup>194</sup> Цитируется по книге К. Фламмарiona «Множественность обитаемых миров». Эта книга была издана в Париже в 1862 г. Она пользовалась огромной популярностью, выдержала более 30 изданий и была переведена на многие языки. В русском переводе была издана в 1865 г. в Петербурге под названием «Многочисленность обитаемых миров». Мы использовали здесь два русских издания: 1) *Фламмарион К.* Множественность населенных миров и условия обитаемости небесных земель с точки зрения астрономии, физиологии и естественной философии. — СПб., 1898, 396 с.; 2) *Фламмарион К.* Жители звезд и многочисленность обитаемых миров. — М., 1909, 240 с. В дальнейших ссылках мы будем сокращенно обозначать эти издания: Фл., 1898 и Фл., 1909.

жизнь в самых разнообразных проявлениях, и если число элементарных частиц настолько велико, что всей жизни всех когда-либо живших существ не хватило бы для их подсчета, если созидаящая природа снабдила эти элементы силами, которые они вложили в основу нашего земного шара, то те же творческие элементы непременно должны были создать миры, людей и жизнь также и в областях пространства, скрытых от нашего взора» (Фл., 1909, с. 20)<sup>195</sup>.

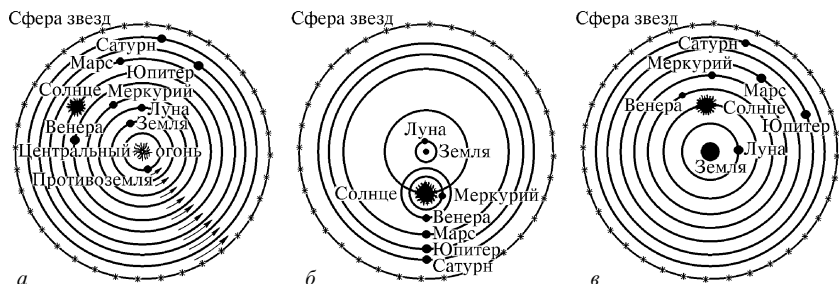
Убеждение в множественности обитаемых миров было свойственно не только греко-римскому миру. Сходные представления содержатся в древнейших учениях Индии, Китая, Египта. В одном из древнейших источников — в индийских Ведах имеется указание на то, что Солнце, Луна и другие **неизвестные жителям Земли (!)** небесные тела населены разумными существами. Эти миры выработали в себе жизненные формы, «непостижимые для нашего разума» (Фл., 1909, с. 14).

Следует иметь в виду, что древняя концепция множественности миров в одном отношении существенно отличается от современной. В наше время под обитаемыми мирами подразумевают планеты, населенные разумными существами, может быть, какие-то другие объекты во Вселенной, но, во всяком случае, не Вселенную в целом. В древней космологии наблюдаемый мир (вселенная) ограничивался сферой неподвижных звезд (см. рис. 4.1.1). И когда античные философы говорили о множественности миров, они имели в виду множественность таких миров-вселенных. Эти миры существовали в некоем абстрактном пространстве и не имели ничего общего с видимыми нами звездами и планетами. Любопытно, что в последние годы, в связи с развитием квантовой космологии и антропным принципом (см. гл. 2 и 3), наметился новый поворот к концепции множественности миров-вселенных, но уже на новом витке спирали познания. Что касается обитаемости миров, то, с одной стороны, древние философы (например, философы эпикурейской школы и некоторые другие) указывали на обитаемость Луны и планет, т. е. имели в виду небесные тела, принадлежащие нашему миру. С другой стороны, под обитаемыми мирами подразумевались миры-вселенные, которые, по необходимости, должны были располагаться за пределами видимого небесного свода, т. е. при-

---

<sup>195</sup> В академическом издании поэмы (*Лукреций. О природе вещей.* — М.: Изд-во АН СССР, 1946) приведенный отрывок содержится на с. 133. Мы цитируем его по Фламариону, так как в его изложении он представляется более четким и ярким.

надлежали *невидимой* бесконечной Вселенной. (В какой-то мере такие представления сродни современной концепции «параллельных миров».) Подобные представления содержатся в философии Платона; по-видимому, тех же взглядов придерживался и Лукреций Кар. На Востоке они удержались вплоть до позднего средневековья. Так, китайский философ XIII века Тэнг Му писал: «Небо и Земля



**Рис 4.1.1.** Модели Вселенной в древнегреческой космологии.

*а)* Пифагорейская система по Филолаю (V век до н.э.); *б)* система Гераклида Понтийского, ученика Платона (IV век до н.э.); *в)* система Аристотеля (IV век до н.э.). Рисунки из книги А. И. Еремеевой «Астрономическая картина мира и ее творцы». Согласно Пифагорейской модели, в центре Мира располагается Центральный огонь, вокруг него обращаются 10 концентрических сфер: Земли, Противоземли, Луны, Солнца, пяти (известных тогда) планет Меркурия, Венеры, Марса, Юпитера и Сатурна, наконец — сфера неподвижных звезд. Каждое светило считалось прикрепленным к своей сфере и вращалось вместе с ней. В системе Гераклида Понтийского в центре мира находится Земля, вокруг нее вращаются Луна, Солнце, Марс, Юпитер, Сатурн; Меркурий и Венера вращаются вокруг Солнца и вместе с ним — вокруг Земли; самая внешняя — сфера неподвижных звезд. В системе Аристотеля в центре Мира — неподвижная Земля, вокруг нее расположены концентрические сферы Луны, Солнца, пяти планет и сфера неподвижных звезд. Известна также система Аристарха Самосского (III век до н.э.), который помещал в центр Мира Солнце. Каковы бы ни были детали этих моделей и их различия, общее в них то, что они включали все известные тогда светила: Луну, Солнце, планеты, располагая их на различном расстоянии от центра Мира. Все системы ограничивались сферой неподвижных звезд. Это был весь видимый мир древних, вся их вселенная. И когда древние философы учили о множественности миров, они имели в виду множественность таких миров-вселенных

велики, однако во всем Космосе они лишь как маленькие зерна риса... Это как если бы весь Космос был деревом, а небо и земля были бы одним из его плодов. Космическое пространство подобно королевству, а небо и земля не более чем одно единственное лицо в этом королевстве. Как же неразумно было бы предполагать, что, кроме неба и земли, которые мы видим, нет никаких других небес и земель»<sup>196</sup>.

<sup>196</sup> Цитируется по докладу Дж.Биллингема и Р. Пешака на конференции «Юниспейс-82»; см. «Земля и Вселенная», 1984. № 2. С. 90–93.

Логика этого высказывания вполне подобна аргументации Метродора. Но следует обратить внимание на мысли Тенг Му о том, что, кроме неба и земли, *которые мы видим*, т. е. за пределами видимого небесного свода (в **невидимой** вселенной), должны существовать другие небеса и земли, т. е. другие невидимые миры.

Насколько далеко заходили древние мыслители в своих взглядах на распространенность разумной жизни во Вселенной, можно судить, например, по высказыванию, которое приписывается Анаксагору (V век до н. э.), о том, что в каждой частице, *как бы мала она ни была*, есть города, населенные людьми, обработанные поля, светит Солнце и другие звезды, как у нас. Есть нечто общее между этим положением и учением средневекового китайского философа Фа Цзана (643–712 гг.), согласно которому мир един, «нет принципиальной разницы между большим и малым, между близким и далеким. Малое включает в себя большое, одно — многое, многое — одно. В одной крупинке может поместиться вся Вселенная, точно так же, как эта крупинка может поместиться в другой»<sup>197</sup>. Интересно, что уже в новое время аналогичные идеи развивал известный немецкий философ, физик и математик Г. Лейбниц (1646–1716). В письме к Я. Бернулли он писал: «С другой стороны, весьма возможно, скажу даже больше, неизбежно, что в мельчайших пылинках, **даже в атомах** (выделено мною — авт.), существуют миры, которые в отношении красоты и разнообразия развитой в них жизни несколько не уступают нашей земле...» (Фл., 1909, с. 169–170). Можно предположить, что в этой уверенности Лейбниц опирался не только на свои собственные выводы, но и на авторитет древних мыслителей. В том же духе примерно в то же время высказывался и Б. Паскаль: «Пусть человек представит себе неисчислимые вселенные в этом атоме, и у каждой — свой небесный свод и свои планеты, и своя Земля, и те же соотношения, что в зримом мире, и на этой земле...»<sup>198</sup>.

Вдумаемся еще раз в выражение Фа Цзана: «в одной крупинке может поместиться вся Вселенная». Что это — образное выражение, поэтическая метафора или гениальное прозрение, предвосхищающее современные представления о квазизамкнутых мирах — фридмонах и о макро-микросимметрии Бесконечного Космоса?

<sup>197</sup> Ягутов Л. Е. Особенности изложения буддийских «истин» в трактате Фа Цзана «Очерк о золотом льве» / Буддизм и литературно-художественное творчество народов Центральной Азии. — Новосибирск: Наука, 1985. С. 84–89; см. с. 87.

<sup>198</sup> Цитируется по кн.: *Пьер Тейяр де Шарден*. Феномен человека. — М., 1987. Примечания, с. 236.

В чем суть этих представлений? Рассмотрим множество квазизамкнутых миров-вселенных, периодически возникающих и исчезающих в Вечном Беспредельном Космосе (см. п. 2.2.3). Напомним, что наша Вселенная представляет собой один из таких миров. Согласно концепции макро-микросимметрии, каждый макромир, подобный нашей Вселенной, при наблюдении извне (т. е. из другого макромира) представляется элементарной частицей этого мира. В теории академика М. А. Маркова масса такой частицы составляет  $10^{-6}$  г, а ее размер  $10^{-33}$  см. Марков назвал эти частицы фридмонами (в честь советского космолога А. А. Фридмана). При наблюдении изнутри фридмон представляет собой квазизамкнутый мир, подобно тому миру, частицей которого он является. Если из двух соседних миров А и В наблюдатель В воспринимает мир А как частицу своего мира, то наблюдатель А воспринимает мир В как соответствующую античастицу. Возможно, наша Вселенная сама является таким фридмоном, т. е. элементарной частицей другого мира, а этот мир, в свою очередь, является элементарной частицей нашего мира. Существует множество фридмонов, множество других макромиров, которые земной наблюдатель воспринимает как микрочастицы своего мира. Согласно Г. М. Идлису, квазизамкнутые «безграничные макромиры, с одной стороны, внешне эквивалентны частицам других макромиров, соприкасающихся с данными, а с другой стороны, сами состоят в конечном счете из своих элементарных частиц, которые, в свою очередь, скрывают за собой или как бы содержат в себе аналогичные собственные макромиры, внешне эквивалентные им, и т.д. до бесконечности». Таким образом, получается, что каждая из так называемых элементарных частиц материи потенциально содержит в себе весь структурно-неисчерпаемый материальный Космос<sup>199</sup>.

Когда сталкиваешься с подобными параллелями, трудно отделаться от впечатления, что мыслители древности знали гораздо больше, чем мы думаем, судя по тем обрывкам их знаний (часто в чужом изложении), которые дошли до наших дней.

Представления древних об обитаемости миров зачастую (хотя и не всегда!) выражались в религиозно-философской форме. Это вполне естественно, ибо в те далекие времена религия была господствующей, если не единственной, формой общественного сознания. Можно думать, что для современного человека, интересующегося проблемой множественности миров, представляет интерес *сущность* древних воззрений, а не форма их выражения. И если некоторые миры в представлении древних были населены Богами, то надо иметь в виду, что, согласно древним концепциям, хотя за Богами и при-

---

<sup>199</sup> Идлис Г. М. Революция в астрономии, физике и космологии. — М.: Наука, 1985. 231 с.; см. с. 64.



знавались великие творческие способности, они не всегда рассматривались как творцы всей видимой и невидимой Вселенной. В Буддизме, Конфуцианстве и некоторых других религиозно-философских системах вообще отсутствует понятие Бога как Верховного Существа, стоящего над Вселенной. Высшим Божественным понятием в этих системах являются такие философские категории, как Абсолют, Абсолютный Разум, Абсолютное Сознание, Беспричинная причина, Единый Элемент, из которого путем последовательных манифестаций, в процессе дифференциации и последующей интеграции дифференцированных частиц возникают элементы, тела и формы, образующие Вселенную. Согласно «Тайной Доктрине» «с изначала человеческого наследия, с самого первого проявления строителей планеты, на которой живет человек, сокрытое Божество признавалось и рассматривалось лишь в его философском аспекте Всемирного Движения, трепета творческого Дыхания в Природе»<sup>200</sup>. В «Письмах Махатм Синнету» разъясняется, что Парабрахм (Высшее Божественное понятие Буддизма) «не есть Бог, но абсолютный неизменный закон ...». «Слово Бог, — говорится там далее, — было изобретено для определения неизвестной причины тех следствий, которыми, не понимая их, восхищался или устрасался человек»<sup>201</sup>.

Что касается многочисленных Богов древних мифов, то в Ригведах, в гимне под названием «Песнь Творения», прямо говорится: «Боги появились позже сотворения этого мира». Согласно герметической традиции Древнего Египта, Боги — это бессмертные люди, а люди — смертные Боги. Если добавить сюда известную доктрину восточной философии о том, что нет Бога, который бы раньше не был человеком (т. е. Боги должны были пройти через человеческую эволюцию), то мы приходим к представлению о высокоразвитых существах Вселенной, находящихся на различных стадиях эволюционного процесса, в том числе значительно опередивших земное человечество. Это представление в какой-то мере приближается к современному понятию о «внеземных цивилизациях»; важное различие состоит в том, что в понятии ВЦ упор делается на технологические аспекты. В отношении Богов древности люди были убеждены, что они принимают участие в судьбах Земли. При этом считалось, что

<sup>200</sup> Блаватская Е. П. Тайная Доктрина. Синтез науки, религии и философии. — Рига: Угунс, 1937. С. 36–37.

<sup>201</sup> Чаша Востока. Письма Махатм. — Рига–Москва, 1992. С 152.

посвященные, т. е. представители жреческой науки того времени, обладают средствами сношения с Высшими Сущностями.

Рассмотрим более подробно проблему соотношения науки и религии в вопросе о множественности обитаемых миров. Широко распространено мнение, что наука всегда стояла на позициях множественности обитаемых миров, в то время как религия выступает против этой идеи. Хотя такое представление имеет определенные исторические основания, тем не менее оно не совсем точно. Мы уже упоминали о священной книге Индуизма — Ведах, где говорится об обитаемости Солнца, Луны и других небесных тел. Подобные же идеи содержатся и в Буддизме. «Из Священных Писаний, — свидетельствует Н. К. Рерих, — мы знаем Учение Благоденного об обитателях далеких звезд»<sup>202</sup>. В противоположность этому Христианская Церковь, опираясь на взгляды Аристотеля и геоцентрическую систему мира Птолемея, канонизировала доктрину об исключительности человеческого рода. Поэтому, когда Джордано Бруно (1548–1600) противопоставил этой доктрине концепцию множественности обитаемых миров, она стала предметом острой идеологической борьбы с церковью.

Основываясь на философских идеях Николая Кузанского и астрономической теории Н. Коперника, Бруно создал поразительную картину Мироздания, на несколько веков опередившую развитие наблюдательной астрономии. Он сумел преодолеть ограниченность гелиоцентрической системы, которая, поместив Солнце в центр мира, по-прежнему замыкала Вселенную сферой неподвижных звезд. Бруно учил, что небо не ограничено никакими сферами, это единое, безмерное, бесконечное пространство, которое содержит в себе все: звезды и созвездия, солнца и земли. В противоположность Аристотелю он утверждал единство, общность элементов, составляющих Землю и другие небесные тела. Он разделял все небесные тела на самосветящиеся — звезды (солнца) и несамосветящиеся (планеты), которые светят, отражая солнечный свет из-за обилия на них облаков или водных пространств. Бруно учил об изменчивости всех небесных тел, благодаря чему в природе осуществляется непрерывный обмен между ними и космическим веществом, заполняющим пространство. В соответствии с этим он считал, что и поверхность Земли тоже меняется по истечении больших промежутков времени,

---

<sup>202</sup> Рерих Н. К. Шамбала Сияющая. — Рига: Ункус. Латвийское общество Рериха, январь 1990. С. 42.

на месте морей появляются континенты, а на месте континентов — моря.

Исходя из этой картины мироздания, Бруно учил, что во Вселенной имеются бесчисленные солнца и бесчисленные земли, которые кружат вокруг своих солнц, подобно тому, как наша Земля кружится вокруг нашего Солнца. Тем самым Земля была сведена до уровня рядовой планеты, а Солнце — до уровня рядовой звезды; Вселенная, безгранично расширившись, лишилась единого центра, ибо в Бесконечной Вселенной ни одна точка не может быть выделенной. На этих бесчисленных мирах в бесконечной Вселенной обитают живые разумные существа. Нелепо полагать, считал Бруно, что не существует других разумных живых существ и другого вида мышления, кроме известного нам на Земле. Вселенную Бруно представлял как некий Сверхорганизм (Сверхжизнь — что-то вроде системы Гея, увеличенной до вселенских размеров), неразрывно связанной с человечеством, обитающим на ее мирах.

Брошенный инквизицией в тюрьму Бруно не отрекся от своих взглядов, он мужественно отстаивал их и был приговорен к смертной казни. Его сожгли на Площади Цветов в Риме 17 февраля 1600 г. Несомненно, что это одна из самых драматических страниц в истории становления научного мировоззрения — тем более драматическая, что идея множественности миров, за которую Бруно заплатил жизнью<sup>203</sup>, вовсе не противоречит Христианскому Учению, хотя и вступает в конфликт с некоторыми примитивно понятыми догматами веры.

Буквальная интерпретация текстов Писания нередко приводит к противоречию с научной картиной мира. Так например, геологическая история Земли вступает в видимое противоречие с доктриной о Семи Днях Творения. Но надо быть очень ограниченным мыслителем, чтобы под Днем Творения понимать один земной день. Ясно, что речь идет о крупных космических периодах, образно названных в Книге Бытия днями. В гл. 2 мы уже упоминали о Днях Браны и говорили, что, согласно древнеиндийским исчислениям, один День Браны равен 4,3 млрд земных лет. Почему же не допустить, что один День Творения может составлять миллиарды земных лет? Это лишь один из многих примеров. Конечно, наиболее просвещенные христианские богословы понимали неправомер-

---

<sup>203</sup> Существуют доводы, что не эта идея сама по себе послужила причиной приговора. См., например: *Менцин Ю.* За что же его все-таки сожгли? // Московский университет, № 15 (3731), 26 октября 1990, с. 12. См. также: *Менцин Ю.* Поднявшийся в Бесконечность // Звездочет. 2000. № 2. С. 18–21.

ность буквальной интерпретации библейских текстов. Но, к сожалению, было и немало догматиков, с которыми ученым и философам приходилось бороться. Фламмарин приводит в своей книге письмо Г. Галилея к парижскому адвокату И. Диодати (январь 1633 г.), где он сообщает, что составил специальную записку, в которой, опираясь на авторитет большинства отцов Церкви, старался доказать, насколько недопустимо ссылаться на авторитет священного писания при решении научных вопросов, для которых один опытный путь наблюдения имеет решающее значение. «Я требовал, — пишет Галилей, — чтобы в подобных случаях в будущем священное писание оставлялось в покое» (Фл., 1909, с. 234).

Что касается концепции множественности миров, то она не противоречит Писанию. Не случайно епископ Парижа еще в XIII веке осудил тезис о невозможности для Бога создать множество миров. По мнению известного физика Д. Брюстера (1781–1868), специально изучавшего этот вопрос, в Библии нет ни одного положения, которое было бы несовместимо с этой концепцией. (Надо отметить, что, будучи крупным физиком, Брюстер оставался искренне привязанным к Христианскому Учению.) Более того, многие места как в Ветхом, так и в Новом Завете, считает Брюстер, не могут быть интерпретированы без привлечения концепции множественности миров. Поэтому нет ничего удивительного в том, что некоторые раннехристианские секты стояли на позициях этого учения. Фламмарин упоминает, со ссылкой на Иринея, о секте валентианцев, которые признавали и проповедовали систему Анаксимандра (греческий философ, VI век до н. э.), учившего о бесчисленности обитаемых миров. Сторонником этой концепции был и один из самых просвещенных христианских философов Ориген, живший в Александрии в III веке. «Жития Святых» характеризуют его как «чудо своего века по громадности своего ума и глубине учености». Ориген учил о множественности вселенных, последовательно возникающих, умирающих и возрождающихся вновь в бесконечном периодическом процессе, и о множественности миров в каждой такой вселенной. «Если Вселенная, — писал он, — имеет начало, то в чем проявлялась деятельность Бога до сотворения Вселенной? Грешно и вместе с тем безумно было бы думать, что Божественная Сущность пребывала в покое и бездеятельности, и было время, когда благодать ее не изливалась ни на одно существо, а всемогущество ее ничем не проявлялось. ... Что касается меня, то скажу, что Бог приступил к своей деятельности не в то время, когда был создан наш видимый мир, и подобно тому, как после окончания последнего возникнет другой мир, точно так же до начала нашей Вселенной существовала другая Вселенная... Итак, следует полагать, что не только существуют одновременно многие миры, но и до начала нашей Вселенной существовали многие вселенные, а по окончании ее будут другие миры»<sup>204</sup>. За свои смелые взгляды Ориген был изгнан из Александрии в Палестину, где в период гонения на христиан он был заключен в тюрьму и умер от

<sup>204</sup> Цитируется по кн.: *Еремеева А. И.* *Астрономическая картина мира и ее творцы.* — М.: Наука, 1984. 224 с.; см. с. 33.

пытках. Уже после его кончины на Константинопольском соборе он был осужден как еретик. «После учеников Оригена начала ложная вера духовства расти»<sup>205</sup>. Это затронуло и концепцию множественности миров.

Во время формирования Христианства, в первые века нашей эры, представление об устройстве мира складывалось под воздействием геоцентрической системы мира Птолемея, которая была в то время общепризнанной и, естественно, послужила остовом для всего здания складывающейся христианской теологии. В течение веков она прочно укрепилась в религиозном сознании. После коперниковской революции в астрономии перед христианской теологией встал вопрос — как согласовать вероучение с новыми представлениями о мире. Фламмарин в следующих выражениях описывает возникшую проблему: «Земля была прежде окружена каким-то лучезарным венцом, но вот в один несчастный или, наоборот, очень счастливый день наши глаза открылись, мы с глазу на глаз оказались перед этой окруженной славою Землей, мы вгляделись в нее, и вдруг ее лучезарный венец рассеялся как дым; этот дворец земного человечества потерял свое величие и роскошь, погрузился в какую-то непроглядную тьму, а вдали от него в ярком свете появились в несметном множестве новые земли с новыми для каждой из них небесами и заполнили собою все бесконечное пространство. С этих пор вид мира изменился, а вместе с ним должны были измениться и верования, которые до того времени казались утвержденными столь прочно и непоколебимо» (Фл., 1898, с. 260).

Как же ответили на этот вызов теологи? Догматически мыслящие теологи, следуя букве сложившегося учения, были убеждены, что оно не может быть согласовано с новыми научными знаниями. Ведь Творец создал звезды «вовсе не для обитания их какими-нибудь другими людьми или иными тварями, но только для освещения и оплодотворения Земли их светом»<sup>206</sup>. Более просвещенные представители христианской теологии относились к новой научной картине мира вполне терпимо и даже отстаивали ее с теологических позиций. Во много раз упомянутой уже книге Фламмарин приводит слова патера Феликса, настоятеля Храма Парижской Богородицы: «Помещайте в звездном мире столько человеческих обществ, сколько вам угодно, пусть они имеют такой вид и такую материальную и нравственную температуру, какую только желательно вам вообразить; католическое учение относится к этому с такою терпимостью, которая вас наверное удивит: оно потребует от вас лишь одного — не считать этих звездных поколений человечества ни потомками Адама, ни духовным потомством Помазанника Божия Иисуса». И далее: «... если вы хотите непременно, чтобы планеты, солнца и звезды имели своих жителей, способных, подобно нам, познавать, любить и прославлять Создателя, то я спешу заявить во всеуслышание, что христианское учение не противоречит этому; оно ничего не отрицает и ничего не утверждает в этой произвольной гипотезе».

<sup>205</sup> Листы Сада Морни. — Рига: ЛОР, 1989. 165 с.; см. с. 82.

<sup>206</sup> Из письма Леказра к Гассенди (Фл., 1898, с. 262).

Другие христианские писатели высказывались более определенно в пользу множественности обитаемых миров. Так кардинал Полиньяк в своем «Анти-Лукреции», где он стремился развенчать материалистическую философию Лукреция Кара, касаясь проблемы множественности миров, высказывает мысли, если не совпадающие полностью, то вполне в духе критикуемого им автора. «Все звезды, — пишет он, — суть солнца<sup>207</sup>, похожие на наше, окруженные темными телами, как наша Земля, на которую они льют свет и тепло. ...возможно ли предположить, что эти далекие от нас небесные светила имеют иное назначение, чем наше Солнце, что бесчисленные небесные огни без всякой цели и пользы шлют тепло и свет в беспредельное пустое пространство? Бог не ограничивается созданием одного тела определенного рода: из своей неисчерпаемой сокровищницы Он сразу высыпает во Вселенную бесчисленные массы одинаковых тел. Одинаковые причины ведут к одинаковым следствиям» (Фл., 1909, с. 20–21). Еще более красноречивые доводы приводит французский философ Кузен-Депро. «Неужели возможно предположить, — пишет он, — что бесконечно мудрое Существо украсило небесный свод такой массой различных тел только для того, чтобы удовлетворить наши взоры, чтобы создать для нас величественную картину? Неужели эти бесчисленные солнца созданы только для того, чтобы обитатели нашей крошечной Земли могли любоваться ими, как светлыми точками на небе, в то время как большая часть их вообще едва видна для нас, а бесконечное число их совершенно неуловимо для невооруженного глаза? Такая мысль не выдерживает никакой критики, особенно если принять во внимание, что в природе всюду царствует поразительно совершенная согласованность творения Божия с Его целями, и что во всех своих делах Бог ставит Себе целью не только Свою славу, но и радость и пользу Своих созданий. Неужели Он создал звезды, которые испускают лучи, не доносящиеся до какого-либо мира, где они могли бы вызвать жизнь? Это невозможно! И у этих миллионов солнц, как и у нашего Солнца, у каждого есть свои особые планеты, и вокруг себя в пространстве вселенной мы видим необъятное количество миров, в которых живут разнообразнейшие существа — миров, населенных разумными обитателями, способными ценить и славословить величие и красоту дел Божиних» (Фл., 1909, с. 36).

Эти доводы, по существу, совпадают с аргументацией Джордано Бруно, который, отвечая на вопрос венецианской инквизиции, говорил: «В целом мои взгляды следующие. Существует бесконечная Вселенная, созданная бесчисленным божественным могуществом, ибо я считаю недостойным благодати и могущества Божества мнение, будто она, обладая способностью создать, кроме этого мира, другой и другие бесконечные миры, создало конечный мир». (Цит. по упомянутой статье Менцина.)

---

<sup>207</sup> Здесь кардинал ближе к истине, чем Лукреций, который считал звезды эманациями земного шара.

Таким образом, довод о том, что звезды были созданы якобы только для нужд человека<sup>208</sup>, сравнительно легко был преодолен христианской теологией. Но осталась еще одна, более серьезная трудность, связанная с Боговоплощением Христа на Земле. Вот как формулирует ее Фламарион: «Если обитаемая нами Земля не более, как незаметный атом среди бесчисленного множества миров, то в чем же заключаются ее права и преимущества, предоставленные ей; почему она могла сделаться предметом особого божественного попечения, почему сам Всевышний и Вечный мог жить на ней, приняв вид одного из ее существ, почему он не погнушался этого праха земного и благоволил воплотиться в него?» (Фл., 1898, с. 258).

Одну точку зрения на эту проблему выразил протестантский теолог первой половины XVI века Меланхтон. Он считал, что принятие множественности обитаемых миров было бы издевательством над таинством искупления: «Богочеловек — один, он в обличии человека пришел в наш мир, где был распят и воскрес. И мы не можем допустить, чтобы эта драма повторялась бесчисленное число раз во всех бесчисленных мирах» (Цит. по упомянутой статье Менцина). Надо сказать, что не все богословы были согласны с подобной аргументацией. В добавлении к 30-му изданию своей книги в очерке «Множественность миров с исторической точки зрения» Фламарион подробно обсуждает эту проблему. Мы не будем касаться здесь всех богословских тонкостей. Приведем лишь цитируемое Фламарионом высказывание знаменитого американского проповедника Челмерса. «Предположим, — говорит он, — что один из бесчисленных мириадов миров постигла какая-нибудь нравственная зараза, охватившая все население, вследствие чего оно подпало под действие, под приговор непреложного и неумолимого по своей святости закона. В таком случае, если бы Бог, в своем праведном негодовании, совершенно вышвырнул из вселенной эту негодную планету, то это не могло бы наложить никакого пятна на его личность. ... Но скажите мне, о! скажите мне, уже ли не было ли чертою изысканнейшей нежности в существе Бога, если бы он всячески старался вновь привлечь к себе этих заблудших детей своих, отторгнутых от него их преступлением? И как бы ни были они малочисленны при сравнении с несметным множеством верно служащих ему, не прилично ли было бы его бесконечному милосердию послать на эту виновную землю вестников мира, чтобы призвать к себе и

<sup>208</sup> В философской повести «Микромегас», высмеивая эту точку зрения, Вольтер описывает следующую сцену. Два гигантских пришельца с Сириуса и Сатурна, посетив Землю и стоя в океане по колено в воде, заметили морской корабль. Оказалось, на нем возвращалась из плавания научная экспедиция. Подняв корабль к своему лицу, Микромегас затеял с землянами философскую беседу о мироздании. В конце этой очень поучительной беседы в нее вступил некий профессор (богослов), который заявил, что ему известны все тайны Бытия, ибо они описаны в «Сумме» Святого Фомы Аквинского. Затем он посмотрел сверху вниз на обитателей небес и объявил им, что их собственные персоны, их луны, солнца и звезды — все это было создано единственно ради человека. Это заявление несколько покорило пришельцев, которые с полным основанием вынуждены были заключить, что «этим бесконечно малым существам присуща прямо-таки бесконечно большая гордыня». (Вольтер. Философские повести. — М.: Правда, 1985. 575 с.; см. с. 142.)

вновь принять к себе, а не погубить этот единственный мир, сошедший с верного пути? И если правосудие потребовало для этого столь великой жертвы, то скажите мне, не было ли верховным делом благодати Бога позволить своему собственному Сыну взять на себя бремя искупления виновных, чтобы иметь возможность вновь смотреть на этот мир благосклонно и протянуть руку помощи и призыва всему его населению?» (Фл., 1898, с. 265–266). Итак, мы видим, что и эта трудность не является для христианской теологии непреодолимой.

Идея исключительности человеческого рода, вопреки распространенному мнению, вовсе не вытекает из существования Христианской Доктрины (или вообще из религиозного мировоззрения), в известной мере она нейтральна по отношению к научному или религиозному мировоззрению. Но поскольку определенные догматы веры, связанные с этой идеей, находили опору в канонизированной Христианской церковью геоцентрической системе мира, то крушение этой системы и становление гелиоцентрической системы прошло в острой борьбе с доктриной уникальности и потребовало ее преодоления. Вот почему торжество новой картины мира явилось одновременно и торжеством концепции множественности обитаемых миров. Мученическая смерть Джордано Бруно на костре «священной» инквизиции не могла изменить неотвратимого — в последующие века идея о множественности обитаемых миров быстро распространилась в Европе, завоевав полное и всеобщее признание. В течение трех столетий (XVII–XIX века) она рассматривалась как совершенно очевидная, само собой разумеющаяся. Многие выдающиеся ученые, писатели и поэты безоговорочно поддерживали эту концепцию. Идею множественности обитаемых миров пропагандировали Сирано де Бержерак и Б. Фонтенель, о ней писали Вольтер, И. Гете и Ф. Шеллинг. Убежденными сторонниками этой идеи были Х. Гюйгенс, И. Ньютон, М. Ломоносов, В. Гершель, И. Кант, П. Лаплас и многие другие ученые. Достаточно полный обзор по этой теме можно найти в упомянутой уже много раз книге Фламариона. Насколько была распространена эта идея, можно судить по тому, что в 1822 г. немецкий астроном Груйтуйзен «открыл» лунный город недалеко от центра лунного диска, а известный американский астроном В. Пикеринг объяснял наблюдаемую изменчивость отдельных деталей лунной поверхности массовыми миграциями насекомых. Хорошо известно, какое сильное впечатление на современников произвело «открытие» марсианских каналов (Скиапарелли, 1877).



Надо сказать, что не все ученые и философы придерживались столь категорических взглядов о повсеместной распространенности жизни во Вселенной. Например, Кант, будучи приверженцем идеи множественности обитаемых миров, тем не менее занимал более сдержанную позицию. Он считал, что в беспредельной Вселенной могут быть и необитаемые миры, если они не приспособлены для жизни. «Но можно предполагать, — писал он, — что планеты, необитаемые теперь, будут обитаемы со временем, когда процесс их образования достигнет известной степени совершенства. Возможно, что наша Земля как таковая, существовала тысячи лет, прежде чем на ее поверхности выработались условия, при которых могли бы жить растения, животные, а затем и люди» (Фл., 1909, с. 36). Эта аргументация, включающая идею эволюции, близка к современным научным взглядам.

Говоря о проблеме множественности обитаемых миров, нельзя не упомянуть имени Константина Эдуардовича Циолковского, который был убежден в широкой распространенности разумной жизни во Вселенной. «Есть знания несомненные, — писал он, — хотя они и умозрительного характера ... Теоретически мы уверены в бесконечности Вселенной и числа ее планет. Неужели ни на одной из них нет жизни! Это было бы уже не чудом, а чудищем! Итак, заселенная Вселенная есть абсолютная истина»<sup>209</sup>. «Вселенная и жизнь одно и то же»<sup>210</sup>. «Вселенная заполнена высшей сознательной и совершенной жизнью»<sup>211</sup>. «Во Вселенной господствовал, господствует и будет господствовать разум и высшие общественные организации»<sup>212</sup>. «Величайший разум господствует в Космосе...»<sup>213</sup>.

Справедливости ради надо отметить, что, несмотря на явную приверженность многих крупных ученых идее множественности обитаемых миров, в целом наука все же сохраняла некоторый скептицизм по отношению к этой проблеме, который усиливался по мере распространения позитивистских взглядов. Он затрагивал не только содержание проблемы (много или мало обитаемых миров), но и саму возможность ее научного обсуждения как проблемы метафизической, выходящей за пределы позитивной науки. В этом

<sup>209</sup> Циолковский К. Э. Причина Космоса. — Калуга, 1925. С. 14.

<sup>210</sup> Там же. С. 11.

<sup>211</sup> Циолковский К. Э. Монизм Вселенной. — Калуга, 1925. С. 30

<sup>212</sup> Там же. С. 22.

<sup>213</sup> Циолковский К. Э. Причина Космоса. С. 7.

отношении характерен эпизод из биографии К. Фламариона. Когда молодой Фламарион написал свою знаменитую книгу «О множественности обитаемых миров» (в то время он работал на Парижской обсерватории), директор обсерватории У. Леверье, прославившийся тем, что открыл планету Нептун «на кончике пера», узнав об этом, предложил молодому астроному покинуть обсерваторию. Он считал, что подобное занятие несовместимо со статусом серьезного ученого.

В начале XX века уверенность в множественности обитаемых миров была поколеблена из-за распространения космогонической теории Д. Джинса, согласно которой образование планетной системы — редчайшее событие в истории Галактики. Современные космогонические теории, рассматривающие образование планет в едином процессе с образованием звезд (что позволяет им опереться на богатый наблюдательный материал), приводят к противоположному выводу: о закономерности и типичности процесса происхождения планет. А в последние годы XX века планеты были обнаружены у нескольких десятков звезд. И число их быстро растет. Однако это не означает автоматического возвращения к представлениям прошлых веков, когда господствовала уверенность в повсеместной распространенности жизни. Исходя из данных об условиях существования водно-углеводной (белково-нуклеиновой) формы жизни, современная наука пришла к выводу, что Земля — единственная обитаемая планета в Солнечной системе. Таким образом, область пространства, где теперь еще можно надеяться встретить «братьев по разуму», отступила в звездные дали. Среди ученых ведутся дискуссии о том, насколько распространена жизнь в Галактике, во Вселенной. Теперь уже в рамках самой науки формулируется концепция уникальности нашей земной цивилизации (М. Харт, И. Шкловский). Вековое противоборство двух доктрин — уникальности человеческого рода и множественности обитаемых миров — перестало играть роль водораздела между научным и религиозным мировоззрением. Это весьма поучительный пример, как, петляя и ошибаясь, человеческое познание приближается к истине.

Известный английский астроном XIX века Джон Гершель (сын знаменитого В. Гершеля) писал: «Надо почти совсем не знать астрономии, чтобы полагать, что человек представляет собой единственную конечную цель творчества, и чтобы не понять, что в данной окружающей нас Вселенной есть и другие миры с живыми населяющими их существами» (Фл., 1909, с. 38). Таким образом, по

мнению Дж. Гершеля, лишь незнание астрономической картины мира может привести нас к мысли об уникальности нашей земной цивилизации. Достаточно уяснить себе эту картину, и мысль о множественности обитаемых миров становится совершенно очевидной, не нуждающейся в дальнейших доказательствах, в виду явной бессмысленности создания столь огромного и сложного мира, в котором жизненные потенции реализуются лишь на его ничтожной части. С тех пор прошло более ста лет, наши знания о Вселенной неизмеримо обогатились, границы познанного мира существенно расширились. Достаточно напомнить, что во времена Дж. Гершеля наблюдаемая область Вселенной ограничивалась только нашей Галактикой, о других галактиках ничего не было известно. С развитием астрономии аргументация в пользу множественности обитаемых миров приобрела более конкретный характер, опираясь на современную научно обоснованную астрономическую картину мира. Тем не менее и в наше время, вопреки Гершелю, можно найти немало астрономов, которые прекрасно знают астрономию, но никак не могут согласиться с его аргументацией. Значит, дело не только в признании современной астрономической картины мира, но и в некоторых гносеологических особенностях человеческого мышления.

Думается, что наука XX века, где-то в глубинах своей памяти, в своем научном «подсознании» сохранила представление древних о множественности обитаемых миров, но она подошла к исследованию проблемы по-своему, опираясь на свой опыт и свои методы исследования.

## 4.2. Жизнь в Космосе

Со всех точек зрения формы и условия жизни на дальних мирах должны отличаться от земных, иначе смысл многообразия эволюции был бы нарушен. Но в то же время основы жизни на всех мирах едины. Людям особенно трудно сочетать единство и многообразие.

*Н. Уранов*

**4.2.1. Что такое жизнь?** Много раз на страницах этой книги мы употребляли слово «жизнь». До сих пор мы не пытались пояснить это понятие, считая, что каждый человек имеет какое-то собственное интуитивное представление о жизни. Но теперь, когда мы со-

бираемся перейти к рассмотрению жизни в Космосе, нашего интуитивного представления о ней уже недостаточно. Для того чтобы судить о распространенности и возможных формах жизни в Космосе, — а именно это нас интересует, — надо иметь ясное представление о природе жизни. И вот здесь мы попадаем в трудное положение, ибо, несмотря на несомненные успехи науки в изучении многообразных функций жизни, ее физико-химических основ и механизмов функционирования, у нас нет, как представляется, полного понимания феномена жизни. Я думаю, многие ученые ясно ощутили это, когда перед ними была поставлена практическая задача обнаружения жизни на Марсе в связи с осуществлением проекта «Викинг». Надо было решать, какую жизнь следует искать.

Когда мы произносим слово «жизнь», то имеем в виду какие-то живые существа или организмы. Само слово «организм» указывает на определенную стройную организацию исходных элементов, из которых он строится. Действительно, сложная организация — это один из отличительных признаков жизни. Можно сказать, что жизнь есть высокоорганизованная форма материи. Но каков тот критический уровень организации, начиная с которого сложную систему можно рассматривать как живую? Очевидно, структурная сложность, сама по себе, недостаточна для характеристики жизни. Более того, структура живого организма существует лишь постольку, поскольку он функционирует, живет. Следовательно, живая система обладает способностью самостоятельно поддерживать свою внутреннюю структуру — самосохраняться. Это достигается в процессе обмена с окружающей средой. Обмен веществ, или метаболизм, — один из характерных признаков жизни. Живые системы обладают также способностью к росту и самовоспроизведению. Наконец, надо отметить огромную приспособляемость жизни, адаптацию ее к внешним условиям и, наряду с этим, способность к саморазвитию, к эволюции. Помимо обмена веществ, живые системы обладают способностью к обмену информацией с окружающей средой — способностью воспринимать, хранить и перерабатывать информацию, используя ее для выработки сохраняющих реакций. На этой основе осуществляется способность живых систем к самосохранению и адаптации их к внешним условиям. Процесс самовоспроизведения, по сути, также является информационным процессом. Подчеркивая роль информации, В. С. Троицкий вместе с тем отмечает: «Опре-

---

<sup>214</sup> Троицкий В. С. Развитие внеземных цивилизаций и физические закономерности / Проблема поиска внеземных цивилизаций. — М.: Наука, 1981. С. 3–29. Цит. с. 6.

деление живого нельзя сводить ни к информации, ни к обмену веществ в отдельности. По-видимому, самую основную характеристику, объединяющую все признаки, мы еще не знаем»<sup>214</sup>.

С другой стороны, возникает вопрос: присущи ли перечисленные свойства *только* живым системам? Н. Хоровиц отмечает<sup>215</sup>, что кристаллы обладают высокой степенью упорядоченности, способностью к росту и могут воспроизводить самих себя. При этом у них обнаруживается ограниченная способность к мутациям. Она проявляется в том, что в регулярном расположении атомов в кристалле могут возникать дефекты. Некоторые минералы, обладающие слоистой структурой, как, например, глины, способны копировать дефекты одного слоя в структуре следующего, что можно рассматривать как своеобразную генетическую память. На основании этих свойств кристаллов американский химик А. Г. Кернс-Смит предположил, что жизнь, вообще, началась с кристаллов. С другой стороны, обычное пламя также способно к самовоспроизведению посредством искр и дальнейшему росту, а благодаря активному метаболизму оно может длительное время поддерживать себя (свойство самосохранения). То есть пламя обладает свойствами живой сущности. Добавим, что способность к саморазвитию, к эволюции также не является исключительным свойством жизни. Современные теории самоорганизации материи показывают, что саморазвитие является всеобщим свойством материального мира и может проявляться в различных формах при подходящих условиях. В связи с этим возникает вопрос — существует ли принципиальное различие между живой и неживой природой? Один из крупнейших биологов XX века Дж. Холдейн считал, что жизнь и сознание в *рудиментарной* форме присущи материи, являются ее неотъемлемым свойством: «Мы не находим в том, что называем материей, никакого очевидного следа ни мысли, ни жизни. И потому эти свойства мы изучаем преимущественно там, где они обнаруживаются с наибольшей очевидностью. Но если современные перспективы науки верны, то следует ожидать, что они будут, в конце концов, обнаружены, по крайней мере в рудиментарной форме, во всей Вселенной»<sup>216</sup>. Ту же мысль подчеркивает и Тейяр де Шарден: «В целостной картине мира наличие жизни неизбежно предполагает существование до нее беспрельдно простирающейся преджизни»<sup>217</sup>. При таком положении

<sup>215</sup> Хоровиц Н. Поиски жизни в Солнечной системе. — М.: Мир, 1988. С. 27, 65.

<sup>216</sup> Цит. по кн.: Тейяр де Шарден. Феномен человека. — М.: Наука, 1987. С. 56.

<sup>217</sup> Там же.

вещей между живой и неживой материей нет непроходимой грани. Действительно, сущностью органической жизни, ее важнейшим свойством является обмен. Он осуществляется посредством сложнейших биохимических реакций. Но ведь химические реакции — пусть более простые — происходят и в неорганической природе. Где же та грань, которая отделяет «живое» от неживого? Говоря о жизни, мы прикасаемся к одной из тех тайн Природы, которые человечество еще не раскрыло. Не случайно некоторые ученые, вообще, отказываются рассматривать какое бы то ни было определение жизни. Так, С. Ф. Лихачев в работе «Основания SETI» характеризует жизнь как «неопределимое понятие, существующее как некоторое свойство Вселенной»<sup>218</sup>.

Важнейшей функцией жизни, о которой не было упомянуто выше, является психическая деятельность. Невозможно представить человека в отрыве, вне его психической деятельности, включающей мир эмоций, процессы мышления и сознания. Если структуру человеческого организма и его физиологические функции рассматривать как внешнюю сторону его жизни, то психическая деятельность будет соответствовать внутренней стороне жизни. Хотя психическая активность наиболее выражена у высших форм жизни, какая-то примитивная психожизнь должна быть присуща и самым простым формам жизни, составляя их внутреннее содержание. Тейяр де Шарден распространил эту дихотомию «внешнее-внутреннее» с феномена жизни на мир неживой (предживой) природы, считая ее неотъемлемым свойством универсума. Ткань универсума, согласно Тейяру, — «двухсторонняя по самой своей природе», она имеет как внешнюю, так и внутреннюю сторону. Поэтому у каждой вещи имеется не только внешнее, но и сопряженное ему нечто внутреннее. И если внутренней стороной жизни является сознание (Тейяр рассматривает его в наиболее общем значении, как психику всякого рода от элементарных форм внутреннего восприятия до феномена человеческого мышления), то внутренней стороной преджизни является предсознание. В соответствии с этой концепцией Тейяр считает, что при образовании Земли с самого начала в земной материи была замкнута «некоторая масса элементарного сознания» (точнее надо бы сказать — предсознания). И если возникновение жизни можно рассматривать как качествен-

---

<sup>218</sup> Лихачев С. Ф. Основания SETI (интуитионистский подход) // Информационный бюллетень НКЦ SETI, № 5. — М., 1994. С. 21–24.

ный скачок в процессе эволюции преджизни, то возникновение сознания есть качественный скачок в развитии предсознания. Как представить себе этот скачок от предсознания, заключенного в преджизни, к сознанию, хотя бы самому элементарному? Поскольку рудиментарное сознание существует всегда, еще до появления жизни и сознания, то, следовательно, речь идет о скачке между двумя уровнями, двумя ступенями одной сущности.

В будущем, по мнению Тейяра де Шардена, в рамках «расширенной физики» внутренняя сторона вещей будет принята во внимание в той же мере, как и внешняя сторона мира. «Мне кажется, — пишет он, — иначе невозможно дать связное объяснение всего феномена космоса в целом, к чему должна стремиться наука»<sup>219</sup>. Но это дело будущего. Современная наука изучает внешнюю сторону универсума (к внутреннему она лишь робко подбирается). В частности, биология изучает внешнюю сторону жизни. Поэтому в дальнейшем, говоря о жизни, мы, по необходимости, будем иметь в виду (если не будет сделано специальных оговорок) именно внешнюю сторону жизни. Это ограничение надо принимать во внимание. Внешнее и внутреннее связаны между собой как форма и содержание. Следовательно, мы будем рассматривать мир форм. Рассмотрение естественно начать с земной жизни.

**4.2.2. Земная жизнь.** Жизнь на Земле предстает перед нами как поразительное многообразие различных царств организмов, прежде всего растительных и животных, их популяций и видов<sup>220</sup>, связанных между собою множеством тончайших связей, благодаря которым биосферу Земли можно рассматривать как единую сложную систему. Эта «живая пленка», покрывающая земной шар тонким слоем, приблизительно в тысячную долю его размеров, необычайно активна, она оказывает решающее влияние на формирование наружных слоев Земли. По оценкам В. И. Вернадского, верхние слои земной коры (глубиной в несколько километров) на 99% преобразованы земными организмами. А что касается атмосферы, то ее состав также в значительной мере определяется процессами жизнедеятельности. Если бы какие-то внеземные цивилизации исследовали

---

<sup>219</sup> Тейяр де Шарден П. Указанное соч., с. 53.

<sup>220</sup> В настоящее время на Земле насчитывается около 2 млн видов, а за все время эволюции жизни на Земле их существовало, по оценкам палеонтологов, около 500 миллионов.

нашу планету, они неизбежно должны были бы столкнуться с преобразующим фактором земной жизни. Общая масса «живого вещества» на Земле составляет  $10^{12}$  т, а с учетом ископаемого органического вещества (уголь, сланцы, нефть, газ и др.), представляющего собой остатки ранее существовавших организмов, эту величину надо увеличить, по крайней мере, на несколько порядков, что составляет хотя и малую, но уже заметную долю полной массы Земли.

Характерной особенностью живого вещества на Земле является то, что оно состоит из отдельных организмов, каждый из которых представляет обособленную систему со своей собственной структурой, поддерживаемой в процессе метаболизма. В то же время все организмы на Земле так тесно переплетены между собой, что всю систему земной жизни можно рассматривать как единый «сверхорганизм». Земные организмы, в свою очередь, состоят из различных

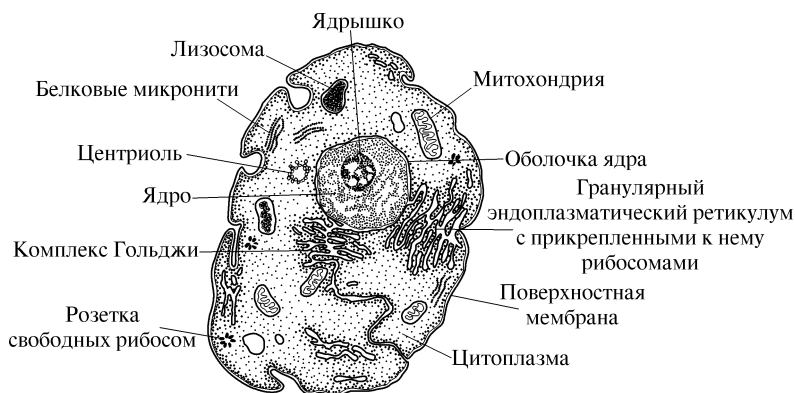


Рис. 4.2.1. Строение живой клетки

подсистем, связанных между собой энергетическими и информационными связями. Простейшей ячейкой живого вещества является клетка. Крупные организмы содержат многие триллионы клеток (так, в организме новорожденного человека содержится  $2 \cdot 10^{12}$  клеток). Клетка — такая же элементарная крупинка жизни, как атом — элементарная крупинка неживой (неорганизованной) материи. Именно с клетки начинается жизнь. И хотя существование вирусов ставит определенную проблему в этом плане, все же именно образование клетки отмечает тот рубеж, тот качественный скачок, который отделяет живую систему от предживой. Что же представляет собой живая клетка?



Строение клетки показано на рис. 4.2.1. Клетка отделяется от внешней среды (в том числе от других клеток) с помощью тонкой оболочки — клеточной мембраны, толщиной не более  $10^{-6}$  см. Внутренняя среда клетки представляет собой водный раствор различных органических веществ, в сочетании с некоторыми минеральными солями. Эту внутреннюю среду клетки (внутриклеточный бульон) называют протоплазмой. В клетках всех организмов, за исключением некоторых простейших (прокариотов), в центре клетки расположено ядро, а окружающая его часть протоплазмы называется цитоплазмой. И ядро, и цитоплазма имеют сложное строение. В ядре расположены хромосомы, содержащие молекулы ДНК, в них заключена наследственная информация организма. В цитоплазме выделяются тонкие волокнистые структуры — митохондрии, в которых протекают химические реакции, обеспечивающие клетку энергией. Кроме того, там содержатся многие другие структуры, называемые органеллами или органоидами, выполняющие различные функции. Полностью структурная организация живой клетки еще не изучена, так как постоянно обнаруживаются все новые и новые компоненты, и, как отмечает Н. Хоровиц, конца этому не видно. Имея в виду сложную структуру клетки, Тейяр де Шарден характеризует ее как «триумф множества, органически собранного в минимуме пространства»<sup>221</sup>. Необходимость в такой сложной структуре станет понятной, если принять во внимание, что клетка представляет собой миниатюрную, но прекрасно отлаженную автоматически действующую химическую фабрику, в которой протекают разнообразнейшие биохимические реакции. И если внешняя красота природы, красота жизни вызывает восхищение, то и внутренняя гармония клетки поражает.

Вся физиология живых организмов: переработка и усвоение пищи, процессы дыхания, образование новых клеток и клеточных компонентов, сокращение мышц, передача нервных импульсов и множество других функций — все это связано с химическими превращениями, протекающими в живых клетках<sup>222</sup>. Земная жизнь основана на соединениях углерода. Здесь природа использовала уникальную способность атомов углерода образовывать длинные и ус-

<sup>221</sup> Тейяр де Шарден П. Указ. Соч., с.78.

<sup>222</sup> В последнее время появляется все больше данных о том, какую важную роль в жизнедеятельности организмов играют электромагнитные явления. Таким образом, клетка представляет собой не только миниатюрную биохимическую фабрику, но и сложнейшую электрическую машину.

тойчивые молекулярные цепи, из которых строятся молекулы сложных органических веществ. Именно такие сложные органические молекулы образуют живую клетку. Мир клетки — это мир гигантских молекул. Помимо углерода, в их состав входят водород, кислород и азот, а также в меньшем количестве фосфор (и сера).

По своим функциям и составу органические вещества живой клетки разделяются на четыре основных класса: белки, нуклеиновые кислоты, жиры (липиды) и углеводы (к последним относятся сахара, клетчатка и крахмал). Все они, в той или иной степени, участвуют в построении клеточных структур и, кроме того, выполняют разнообразные функции в процессах жизнедеятельности. Углеводы и жиры служат для организма «топливом», их молекулы являются источником энергии для протекающих в клетках биохимических реакций. Белки выполняют очень разнообразные функции. Прежде всего они являются катализаторами всех важнейших химических реакций, в том числе синтеза самих белков. Такие белки-катализаторы называются ферментами. В конечном итоге, они контролируют весь тот сложный комплекс процессов, который характеризует жизнедеятельность клетки и благодаря которому она постоянно воспроизводит себя как самосохраняющаяся, устойчивая система. Помимо этих функций, необходимых для существования самой клетки, у многоклеточных организмов в клетках вырабатываются белки, которые играют специфическую роль, принимая участие в жизнедеятельности других клеток данного организма. Так, например, гемоглобин, содержащийся в эритроцитах крови, переносит кислород от органов дыхания к клеткам тканей и участвует в переносе углекислого газа к органам дыхания. Белки-гормоны, вырабатываемые в клетках эндокринных желез, оказывая целенаправленное влияние на деятельность клеток других органов и тканей, тем самым, участвуют в регуляции всех жизненно важных процессов в организме. Иммуноглобулины, содержащиеся в плазме крови, обладают защитными свойствами и участвуют в создании иммунитета организма. Перечисленными примерами функции белков в организме не исчерпываются. Нуклеиновые кислоты хранят и передают генетическую информацию, в которой записана программа функционирования каждой клетки, они управляют процессом синтеза белков в клетке.

По своему строению молекулы живого вещества относятся к *полимерам*, они состоят из чередующихся групп атомов (мономеров), связанных между собой в длинные цепи. Момеры являются, сво-

его рода, строительными блоками этих молекул. К наиболее важным мономерам относятся: аминокислоты, нуклеотиды, сахара и жирные кислоты. Из аминокислот образуются белки, из нуклеотидов — нуклеиновые кислоты, из сахаров — углеводы, из жирных кислот — липиды.

Молекула белка состоит из одной или нескольких цепочек аминокислот — полипептидных нитей. В состав одной нити типичного белка входят сотни аминокислот. Каждый белок отличается от другого набором аминокислот и порядком их расположения в полипептидной цепи. В природе существует множество аминокислот, но только 20 из них (не считая редких исключений) участвуют в построении белков для всех живых организмов на Земле. Обычно в каждой белковой молекуле имеются все 20 аминокислот. Почему природа использовала только 20 аминокислот из множества возможных, остается неизвестным (может быть, для того, чтобы не усложнять генетический код?). Но и этих двадцати различных «кирпичиков» достаточно, чтобы построить великое множество различных белков. Даже для сравнительно простых молекул, содержащих, скажем, 100 аминокислот, можно построить  $20^{100}$  различных вариантов, т. е.  $20^{100}$  различных белков! Это невообразимо большое число, намного превышающее полное число атомов в наблюдаемой области Вселенной. Фактически, природа не использует все эти возможности: земные организмы синтезируют не более 100 тыс. типов белковых молекул, но и эта величина характеризует чрезвычайное многообразие белковых соединений, входящих в состав живых организмов.

Свойства белков определяются не только их составом, но и строением, структурой белковых молекул. Полипептидные нити в белковых молекулах свернуты в сложные трехмерные структуры (конформации), напоминающие спутанный клубок ниток. Специфические свойства белка зависят от характера этой трехмерной структуры. Если разрушить ее, оставив сами аминокислотные цепочки неповрежденными, белок перестает функционировать. Однако такой денатурированный белок обладает способностью при определенных условиях восстанавливать свою трехмерную структуру. При этом и функции его вновь восстанавливаются. Трехмерная конфигурация белковой молекулы определяется последовательностью аминокислот в полипептидной цепи. А эта последовательность кодируется соответствующим геном (см. ниже). Синтез белков в клетках осуществляется с помощью нуклеиновых кислот ДНК и РНК. Чтобы понять, как это происходит, рассмотрим строение их молекул.

На рис. 4.2.2. изображена схема молекулы ДНК. Молекула состоит из двух полинуклеотидных нитей, закрученных одна вокруг другой наподобии винтовой лестницы, образуя знаменитую *двойную спираль* молекулярной биологии. Нити построены из большого числа нуклеотидов.

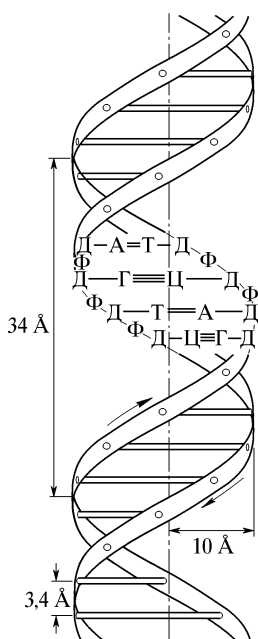


Рис. 4.2.2. Схема строения молекулы ДНК

Каждый нуклеотид состоит из сахара дезоксирибозы (Д), фосфатного остатка (Ф) и одного из четырех азотистых оснований: аденина (А), гуанина (Г), цитозина (Ц) и тимина (Т). Поскольку две первые составляющие (Д) и (Ф) у всех нуклеотидов одинаковы, они отличаются друг от друга только азотистыми основаниями. Остов каждой нити образуют чередующиеся блоки (Д) и (Ф). К молекулам сахара (Д) прикреплены азотистые основания, при этом каждое основание одной нити соединяется со строго определенным основанием другой нити, образуя мосты или перемычки между нитями. Аденин всегда соединяется с тимином (А–Т), а гуанин — с цитозином (Г–Ц). Последовательность расположения нуклеотидов в полинуклеотидной нити или, иными словами, последовательность азотистых оснований (например: ГГТАТГГТЦ...) составляет содержание генетической информации. Генетическая информация кодируется последовательностью нуклеотидов точно так

же, как информация, содержащаяся в письменном тексте, кодируется последовательностью букв. Заметим, что последовательность нуклеотидов в одной цепи ДНК полностью определяет их последовательность в другой цепи, поскольку азотистое основание каждого типа одной цепи может соединяться только с вполне определенным основанием другой цепи.

Каким же образом последовательность нуклеотидов в молекуле ДНК кодирует последовательность аминокислот в синтезируемых молекулах белка? Очевидно, каждый отдельный нуклеотид не может использоваться в качестве элемента кода, так как имеется всего 4 разных типа нуклеотидов, а число кодируемых аминокислот равно 20. Следовательно, должны использоваться комбинации нуклеотидов, отличающиеся типом и порядком расположения входящих в

них азотистых оснований. Если в каждую кодовую группу включить по два нуклеотида, то число возможных комбинаций (из четырех нуклеотидов по два) будет равно 16; этого недостаточно для кодирования 20 аминокислот. При включении в кодовую группу трех нуклеотидов получим 64 различные комбинации: ААА, ААГ, ААТ, ААЦ, ... ЦЦЦ. Этого уже вполне достаточно и даже с избытком. Природа использовала именно этот простейший трехзначный код: каждая аминокислота кодируется сочетанием трех последовательно расположенных нуклеотидов, образующих *кодон*. Так, кодон ГГТ кодирует аминокислоту глицин, АТТ кодирует изолейцин, ГТЦ кодирует валин и т. д. Всего имеется 64 кодона, из них 61 кодон используется для кодирования аминокислот, а три кодона, так называемые «стоп-кодоны», определяют окончание синтеза полипептидной цепи. Поскольку число кодонов превышает число аминокислот, то для кодирования одной аминокислоты могут использоваться несколько кодонов (например, глицин кодируется четырьмя кодонами: ГГТ, ГГЦ, ГГА и ГГГ), но при этом каждый кодон всегда кодирует только одну строго определенную аминокислоту. Последовательность кодонов, которые кодируют полипептидную цепь какого-то белка, образует *ген*. Таким образом, каждый ген, представляющий собой определенный участок молекулы ДНК, соответствует определенной полипептидной цепи. Всего в хромосомах клетки содержатся сотни тысяч генов, при этом типичный ген содержит несколько сотен кодонов. Все живые организмы, все формы жизни на Земле — от простейшей бактерии до человека — используют один и тот же генетический код. Это говорит о единстве и общем происхождении всех форм земной жизни.

Молекула ДНК хранит программу синтеза всех белков, используемых живыми организмами, но сама она непосредственно не участвует в синтезе белка. Синтез осуществляется с помощью молекул рибонуклеиновой кислоты РНК. Молекулы РНК по своему строению очень похожи на молекулы ДНК, только в состав их вместо дезоксирибозы входит другой сахар — рибоза, а вместо тимина — другое азотистое основание: урацил. В синтезе белка участвуют три вида РНК: матричная (или информационная), транспортная и рибосомальная. На первом этапе синтеза белка в ядре клетки вблизи соответствующего участка ДНК строится молекула матричной РНК, последовательность нуклеотидов в которой точно соответствует копируемому участку ДНК (с заменой тимина на урацил). Таким образом, информация, содержащаяся в ДНК, переписывается на

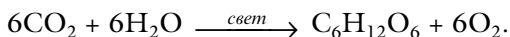
молекулу матричной РНК, этот процесс называется *транскрипцией*. Затем начинается второй этап — *трансляция*, в ходе которого последовательность нуклеотидов матричной РНК переводится в последовательность аминокислот в синтезируемом белке. Эта фаза протекает в рибосомах, являющихся теми «цехами» клеточной фабрики, где осуществляется сборка белковых молекул. Поступившая в рибосому матричная РНК входит во взаимодействие с рибосомальной РНК и с ее помощью может перемещаться относительно рибосомы, наподобие магнитной ленты в лентопротяжном механизме. Перемещение происходит дискретными шагами на величину одного кодона. В фиксированном положении около места сборки останавливается определенный кодон матричной РНК. Сюда прибывают транспортные РНК, каждая из которых несет на себе соответствующую аминокислоту. Та РНК, антикодон которой соответствует кодону матричной РНК, прикрепляется к нему, несомая ею аминокислота соединяется с концом строящейся полипептидной цепи, после чего транспортная РНК отщепляется от матричной и отправляется за новой аминокислотой. Матричная РНК перемещается на один шаг, и к месту сборки подходит другой кодон; к нему прикрепляется новая транспортная РНК вместе с несомой ею аминокислотой и т.д. Так в клетке реализуется очень тонкий процесс сборки белковых молекул по программе, записанной в ДНК.

Но это еще не все! Ведь в живой клетке синтезируется множество различных белков. Следовательно, полная программа должна содержать подпрограмму, определяющую порядок работы, когда те или иные гены активизируются в определенной последовательности. Особенно это относится к многоклеточным организмам, у которых в различных клетках вырабатываются разные белки и, следовательно, в разных клетках должны быть активированы разные гены. Активация тех или иных генов осуществляется с помощью особых ферментов. Именно ферменты помогают спирали ДНК раскрутиться и определяют, какая часть записанной в ней информации будет передана в РНК. Синтез молекул нуклеиновых кислот, как и синтез белковых молекул, зависит от активности множества ферментов, но сами эти ферменты синтезируются по программам, записанным в ДНК. Следовательно, нуклеиновые кислоты и белки образуют взаимосвязанную систему, определяющую функционирование живой клетки. Недаром земную жизнь называют *белково-нуклеиновой*.

Конечно, сами по себе белки и нуклеиновые кислоты еще не образуют живую систему. Для того чтобы клетка могла функцио-

нирывать, чтобы могли протекать те множества реакций, которые характеризуют метаболизм клетки, процесс ее жизнедеятельности — необходимо иметь, помимо генетического аппарата, исходное сырье, растворитель и источник энергии. Исходное сырье доставляется в клетку в процессе питания. Растворителем служит вода, на долю которой приходится подавляющая часть вещества клетки (в теле человека 70% по массе). Поэтому земную жизнь называют также *водно-углеродной*. Источником энергии, как уже говорилось выше, являются углеводы.

Углеводы образуются в растительных клетках в процессе фотосинтеза. При этом в качестве сырья используются углекислый газ и вода, поступающие в клетку из окружающей среды. Под действием солнечного света из молекул углекислого газа и воды образуется молекула сахара гексозы и молекулы кислорода, которые выделяются в окружающую среду:



Энергия солнечного света переходит в энергию химических связей образующейся молекулы углевода. Часть образующихся молекул гексозы используется в качестве исходного материала для биосинтеза других органических соединений в растениях, часть при соединении с кислородом (внутриклеточное дыхание) образует углекислый газ и воду:



Продукты дыхания (углекислый газ и вода) выводятся из клетки, а освобождающаяся энергия, содержавшаяся в химических связях гексозы, используется в протекающих в клетке биохимических реакциях. Таким образом, возникающие в процессе фотосинтеза углеводы являются одновременно и исходным сырьем, и источником энергии для дальнейшего биосинтеза. Так как только часть образующихся углеводов расходуется при дыхании, то общее количество кислорода, выделяемое растениями в процессе фотосинтеза, превышает количество кислорода, поглощаемого ими при дыхании. Избыток кислорода используют для своего дыхания животные. В клетки животных организмов и в те клетки растений, которые не участвуют в фотосинтезе, углеводы поступают в процессе питания. Избыток энергии, освобождающейся в клетке, аккумулируется в молекулах липидов и расходуется организмом по мере необходимости.

Существенную роль в жизнедеятельности клетки играют клеточные мембраны. Они не только индивидуализируют клетку, отделяя ее от окружающей среды, не только разделяют внутриклеточные структуры, но благодаря избирательной проницаемости регулируют в клетке концентрацию солей, сахаров, аминокислот и других продуктов обмена.

Лишь в том случае, когда имеются все необходимые компоненты: исходное сырье, растворитель, источник энергии и управляющая система (генетический аппарат), локализованные во внутренней среде, — лишь в этом случае может начать функционировать живая система. При отсутствии одного из компонентов живая система не может быть реализована. Это хорошо иллюстрируется на примере вирусов. Вирусы состоят из нуклеиновых кислот, окруженных белковой оболочкой. Они не могут самостоятельно жить и размножаться вне клетки. Только внедрившись в клетку и используя ее компоненты, ее внутреннюю среду, имеющееся в ней сырье и источники энергии, вирус получает способность размножаться, копируя собственную структуру, т. е. обретает черты живой системы. В цепочке, ведущей от предживого к живому, вирусы представляют собой систему, непосредственно примыкающие к живому. Тейяр де Шарден классифицировал их как субживые. Но это еще не жизнь! Жизнь, как уже отмечалось выше, начинается с клетки. Именно клетка образует простейшую живую систему, способную функционировать самостоятельно, поддерживая свою внутреннюю структуру, расти, размножаться и эволюционировать.

Возникает вопрос: каким образом информация, управляющая жизнедеятельностью клетки, записывается в генах? При образовании новых клеток, в процессе клеточного деления, каждая молекула ДНК разделяется на две половины по всей своей длине. Затем каждая половина формирует себе другую половину из имеющихся в окружающей среде молекул нуклеотидов. При этом, в силу взаимных связей, присущих азотистым основаниям (А–Е), (Г–Ц), новые основания присоединяются к старым в той же последовательности, которая была у недостающей половины. Таким образом, каждая половина молекулы ДНК точно воспроизводит вторую половину, так что возникают две двойные спирали, полностью идентичные родительской молекуле. При делении клетки одна из двух образовавшихся спиралей переходит к одной дочерней клетке, а другая — к другой. В результате дочерние клетки получают генетический аппарат ДНК от родительской клетки, а вместе с ним — программу



сборки белковых молекул, позволяющую поддерживать жизнедеятельность вновь образующихся клеток.

При формировании нового организма из зародыша источником генетической информации является ДНК оплодотворенной яйцеклетки, т. е. в конечном итоге — гены родителей. Зафиксированная в них программа жизнедеятельности клеток копируется и в готовом виде передается по наследству следующему поколению. Это очень важно, ибо, если бы каждому организму приходилось заново строить для себя программу синтеза необходимых ему белков, т. е. выбирать, в какой последовательности надо соединять аминокислоты, чтобы получить нужные белки, — он не смог бы выжить. Итак, генетическая информация переходит от родителей к потомкам на протяжении многих поколений. Естественно спросить: где же первоисточник этой информации, каким образом исходно возник действующий в живой клетке механизм матричного копирования? Но это уже относится к проблеме происхождения жизни.

Итак, генетическая информация на *клеточном уровне* состоит из закодированной в ДНК комбинации программ, управляющих синтезом большого числа ферментов и других белковых молекул. Но когда мы рассматриваем организм в целом, содержание генетической информации этим не исчерпывается. Полная программа развития организма из зародыша должна содержать не только программу жизнедеятельности каждой клетки, какие бы функции в организме она не выполняла, но и программу дифференциации клеток, построения различных тканей и органов. Как происходит дифференциация, каким образом строится целый организм — это пока не совсем понятно. Не известно даже, как строится отдельная клетка, ведь одно дело сформировать механизм синтеза белков, а другое дело — сконструировать сложную и тонкую структуру клетки с ее многочисленными органеллами. Тем более это относится к многоклеточному организму. Ясно, что программа его построения генетически закодирована, об этом свидетельствует тот факт, что любые изменения в структуре ДНК сказываются на строении организма во всех последующих поколениях. Известно также, что при реализации этой программы важную роль играют ферменты, которые запускают, активизируют или останавливают те или иные процессы. Однако полностью механизм формирования организма, природа действующих здесь управляющих сигналов остаются неизвестными. Это предмет интенсивных биологических исследований. Расшифровав генетический код, наука проникла в одну из сокро-

венных тайн живой клетки, но до полного понимания феномена жизни пока еще далеко. Возможно, для этого придется обратиться к внутренней стороне жизни, связанной с более тонкими планами бытия материи.

Механизм воспроизведения, заложенный в ДНК, не только обеспечивает устойчивость организма, сохранение его структуры на протяжении многих поколений, но этот же механизм содержит в себе возможность изменения, развития и, тем самым, создает почву для эволюции видов. Как это происходит? Под влиянием внешних факторов, например жесткой радиации или различных химических соединений, могут происходить изменения в структуре ДНК. Такие изменения называются мутациями. Мутации приводят к изменению в последовательности расположения нуклеотидов вдоль цепи ДНК, а следовательно, к изменению последовательности аминокислот в синтезируемой полипептидной цепи, т. е. к синтезу измененного белка. При действующем механизме передачи наследственной информации с помощью ДНК эти изменения переходят к последующим поколениям организмов. Большинство мутаций либо вредны, либо бесполезны для организма, и в процессе естественного отбора они отсеиваются, так как продолжают развитие только те организмы, у которых мутации оказались полезными. Обычно полезные мутации проявляются не сразу. Мутантные организмы могут длительное время существовать в виде небольшого включения в популяцию. Но когда происходят резкие изменения внешних условий, неблагоприятные для всей популяции, проявляется преимущество мутантных организмов. Этот механизм хорошо иллюстрируется на примере распространения новых форм насекомых под влиянием широкого применения токсических веществ. Так, у некоторых насекомых возник мутантный фермент, разрушающий ДДТ. Очевидно, применение этого препарата приводит к вымиранию немутантных особей, в результате сохраняется и получает развитие мутантная форма, нечувствительная к ДДТ. То же самое относится к появлению бактерий, устойчивых по отношению к тем или иным антибиотикам.

Подчеркнем некоторые особенности земной жизни. Прежде всего несмотря на чрезвычайное многообразие форм жизни на макроскопическом уровне, — на молекулярном уровне выявляется их полное единство. Все живые организмы используют одни и те же 20 аминокислот (из тысячи возможных) для синтеза белковых молекул, у всех организмов этот процесс программируется с помо-

щью молекул ДНК, состоящих из одних и тех же четырех видов нуклеотидов, при этом используется универсальный генетический код, устанавливающий соответствие между тройками оснований в молекуле ДНК и аминокислотами в синтезируемой полипептидной цепи. Все многообразие форм живых организмов определяется, в конечном итоге, последовательностью расположения азотистых оснований в молекуле ДНК.

Другой важной особенностью является пространственная асимметрия молекул живого вещества. Дело в том, что некоторые органические соединения, в том числе аминокислоты, могут существовать в двух формах, отличающихся одна от другой ориентацией отдельных группировок атомов в их молекулах: группировка атомов одной формы является зеркальным отображением соответствующей группировки другой формы. Эти формы получили название «левой» и «правой». Так, существуют «левые» и «правые» аминокислоты. По своим химическим свойствам они совершенно идентичны, но поскольку их невозможно совместить, то при синтезе белков они не могут заменять друг друга. Если синтез происходит в лаборатории, то всегда в одинаковом количестве присутствуют как «левые», так и «правые» формы. Но белки, входящие в состав живых организмов, относятся только к «левой» форме. Как возникла подобная асимметрия живой субстанции на Земле — этот вопрос остается пока открытым. Но как бы так ни было, всеобщая «левая асимметрия» также свидетельствует о единстве всех форм земной жизни.

Основная функция живого организма (в отсутствие размножения) состоит в поддержании обмена веществ. Кроме того, в организме происходит энергетический обмен и обмен информацией между различными подсистемами. Можно сказать, что жизнь есть обмен. В процессе обмена вещество, из которого состоят живые организмы, постоянно обновляется. Одни атомы и молекулы заменяются другими, но структура живого организма, его организация, несмотря на эту замену, сохраняется. Именно структура (а не субстанция) организма оказывается наиболее устойчивой; в этом смысле именно она характеризует живой организм в целом, его сущность. Стоит задуматься над таким вопросом. Атомы, из которых состоит тело человека, не стареют и не болеют. Что же стареет в человеке, если атомы его обновляются полностью в течение семи лет? Если материя сама по себе не болеет и не стареет, значит, «растраивается» структура организма — то, что заставляет все эти атомы работать согласованно. Структура оказывается важнее субстан-

ции. Это обстоятельство необходимо учитывать при рассмотрении различных форм жизни в космосе.

Наконец, последнее. Основное направление естественных процессов в неживой природе состоит в том, что сложные, упорядоченные структуры постепенно разрушаются, беспорядок возрастает, системы стремятся перейти в наиболее вероятное состояние максимального беспорядка (хаоса). Жизнь, напротив, поддерживает и воспроизводит порядок, создает сложные упорядоченные структуры (строит полимеры из сравнительно простых молекул, постоянно воспроизводит структуру живой клетки и всего организма). Несмотря на то, что эти структуры представляют собой чрезвычайно маловероятное состояние вещества, жизнь на Земле на протяжении миллиардов лет сохраняет и воспроизводит эти структуры. Более того, в процессе эволюции жизни создаются все более сложные, более упорядоченные формы. Может быть, именно эта «антиэнтропийная» функция составляет главное существо жизни. Два процесса постоянно сосуществуют в природе: созидание и разрушение. Жизнь олицетворяет созидательную функцию Природы.

**4.2.3. Происхождение жизни на Земле.** Чтобы судить о распространенности жизни в Космосе, важно уяснить, как возникла жизнь на Земле. Длительное время господствовали представления о непрерывном самопроизвольном возникновении живых организмов из неживой материи — теория самозарождения.

Считалось, что черви, насекомые, жабы и другие существа возникают из грязи и гниющих продуктов, а мыши, например, рождаются из пшеничных зерен. Эти представления, кажущиеся нам сегодня верхом наивности, были основаны на наблюдениях (разумеется, неправильно истолкованных) и просуществовали около 2 тысяч лет, со времен Аристотеля вплоть до эпохи Возрождения, когда точными опытами (Франческо Ричи и др.) была доказана их полная несостоятельность<sup>223</sup>.

Вновь эта идея возродилась после открытия микроорганизмов (XVII век). Считалось, что микроорганизмы представляют собой промежуточное звено между живой и неживой природой и могут самопроизвольно возникать из неживого. Специально поставленные опыты с нагреванием питательной среды показали, что уничтоженные при кипячении микроорганизмы через несколько дней возрождались вновь. Обнаружить методическую ошибку в этих опытах удалось не сразу. Дискуссия о возможности самозарождения жизни на уровне микроорганиз-

<sup>223</sup> Любопытно, что в средние века даже церковь (в лице, например, Фомы Аквинского) признавала идею самозарождения жизни.

мов длилась целое столетие. В нее были вовлечены такие крупные ученые, как Ж. Л. Гей-Люссак, Г. Гельмгольц, Дж. Тиндаль и др. И только блестяще поставленные эксперименты Луи Пастера позволили поставить точку в этом вековом споре. Пастер доказал, что причиной, вызывающей рост микроорганизмов в стерильном бульоне, являются те же самые микроорганизмы, переносимые частицами пыли. Тем самым, он показал, что в мире микробов, как и среди высших организмов, любая форма жизни ведет свое происхождение от родительской формы. Тогда как же появились первые организмы на Земле?

Исследование земных пород показывает, что чем дальше продвигаемся мы в глубь геологической истории, тем более простые организмы встречаются в земных породах. Древнейшие породы содержат лишь следы простейших микроорганизмов, а еще более древние породы не несут никаких следов жизни. Значит, жизнь на Земле появилась в какой-то момент ее истории. По всем данным это случилось вскоре после сформирования Земли как самостоятельного небесного тела, вероятно, в первые сотни миллионов лет. Как это произошло? Теория биологической эволюции позволяет представить, как из более простых организмов возникли более сложные, но она не дает ответа на вопрос о происхождении жизни. Существует два различных подхода, две точки зрения на эту проблему. Согласно одной из них, жизнь занесена на Землю из Космоса; согласно другой, она возникла в процессе химической эволюции на первобытной Земле.

Идея заселения Земли из Космоса возникла под впечатлением крушения теории самозарождения. Поскольку тщательными экспериментами было установлено, что мертвая материя, сама по себе, не может превратиться в живую<sup>224</sup>, то это наводило на мысль, что жизнь никогда и нигде не возникает, она существует вечно, наподобие материи или энергии. «Зародыши жизни», блуждая в мировом пространстве, время от времени попадают на подходящую по условиям планету и там они дают начало биологической эволюции. Таких взглядов придерживались, в частности, крупнейшие естествоиспытатели XIX века Г. Гельмгольц и У. Томсон. «Жизнь порождается только жизнью и ничем, кроме жизни», — говорил У. Томсон<sup>225</sup>. Он считал, что во Вселенной существует множество населенных миров, которые время от времени разрушаются, а их обломки рассеи-

---

<sup>224</sup> У. Томсон писал, что это представляется ему «такой же несомненной научной истиной, как закон всемирного тяготения». (Цит. по кн.: *Хоровиц Н.* Происхождение жизни в Солнечной системе. — М.: Мир, 1988. С. 45.)

<sup>225</sup> Там же.

ваются в пространстве. Поэтому существует бесчисленное множество метеоритов, несущих семена жизни. Попадая на подходящие планеты они становятся естественной причиной возникновения на них жизни. Отметим, что спустя почти 100 лет, в 60-х годах XX века, в связи с исследованием углистых хондритов среди специалистов разгорелась жаркая дискуссия по поводу обнаружения в них внеземных микроорганизмов.

В начале XX века представления об «опылении» планет из Космоса были развиты и тщательно разработаны известным шведским химиком Сванте Аррениусом (1859–1927). Он считал, что споры бактерий могут уноситься с поверхности обитаемой планеты под действием электростатических сил, а затем выталкиваться за пределы планетной системы силой светового давления. Блуждая в космическом пространстве, споры могут осесть на поверхность более массивных пылинок. Это дает им возможность при прохождении вблизи какой-то звезды преодолеть ее световое давление и проникнуть во внутренние области планетной системы, где пылинки со спорами может быть захвачена одной из планет. Таким образом, живая материя может переноситься через межзвездное пространство от звезды к звезде, от одной планетной системы к другой. Споры легко переносят холод космического пространства, им не страшен и господствующий там вакуум. Свою теорию Аррениус назвал панспермией. На основании этой теории он считал, что все живые существа во Вселенной должны быть химически родственны.

Теория панспермии опирается на представления о вечности жизни. Во времена Гельмгольца, Томсона и Аррениуса эти представления казались вполне естественными, ибо Вселенная в целом считалась вечной и неизменной. Отдельные миры в ней возникали и разрушались, но сама Вселенная вечно оставалась такой, как она есть, и в ней вечно (на тех или иных мирах) могла существовать жизнь. Однако исходя из современных представлений об эволюции горячей Вселенной и ее возникновении из сингулярного состояния, жизнь (по крайней мере, в ее молекулярной форме) не могла существовать в ранней Вселенной, когда не было ни атомов, ни молекул. Следовательно, если даже теория панспермии может объяснить происхождение жизни на той или иной планете (например, на Земле), она оставляет открытым вопрос о том, как же первоначально возникла жизнь во Вселенной — на каких-то первомирах, откуда она начала потом свое распространение. Ниже мы еще вернемся к этому вопросу.

Другая трудность, с которой сталкивается теория панспермии, связана с неблагоприятными факторами космического пространства: ультрафиолет (УФ), жесткая (рентгеновская) радиация и космические лучи. Во времена Аррениуса эти факторы были плохо известны или неизвестны вовсе. Современные данные показывают, что незащищенные споры вряд ли выдержат путешествие через межзвездное пространство, хотя их приспособительные способности полностью не изучены (например, на Земле были обнаружены бактерии, выдерживающие дозу радиации в миллион рентген). Наиболее опасно, по крайней мере для земных микроорганизмов, ультрафиолетовое излучение. Дж. Гринберг и П. Вебер провели эксперименты, в которых они подвергали споры *Bacillus subtilis* УФ-облучению в вакууме при температуре подложки 10 К. На основе этих экспериментов было найдено, что в условиях межзвездной среды 90 % незащищенных спор должно погибнуть в течение 150 лет. Отметим, что этого времени вполне достаточно, чтобы оставшиеся 10 % могли покинуть планетную систему. Кроме того, УФ-излучение легко экранируется, поэтому микроорганизмы могут сохраняться даже на поверхности очень малых частиц космической пыли. Защита спор оболочкой из межзвездных пылинок, как считают Гринберг и Вебер, значительно повышают их шансы на выживание, особенно на наиболее опасном участке подлета к звезде. Но соединение споры с частицами космической пыли (оседание на эти частицы), согласно Аррениусу, как раз и является необходимым условием для преодоления светового давления и проникновения на поверхность «опыляемой» планеты. Поэтому возможность переноса микроорганизмов с помощью метеорных частиц не следует сбрасывать со счета. Быть может, какую-то роль в этом процессе могут сыграть также метеоры и кометные ядра, блуждающие в межзвездном пространстве. Во внутренних частях этих достаточно массивных тел живые организмы надежно защищены и от ионизирующей радиации, и от УФ-излучения. Основная проблема, по мнению академика А. А. Имшенецкого, состоит в возможности очень длительного сохранения клеток в состоянии глубокого анабиоза. Некоторые косвенные соображения, полагает он, такие как «старение белка», отсутствие абсолютно герметичных оболочек клеток и др., делают подобный анабиоз маловероятным. Этот вопрос остается пока открытым.

Существуют, однако, данные, указывающие на то, что жизнь не была занесена на Землю из Космоса. Дело в том, что, помимо ос-

новых элементов, таких как водород, углерод, азот, фосфор, сера и др., в состав земных организмов входят в совершенно ничтожном количестве так называемые «следовые» элементы: молибден, марганец, кремний, фтор, медь, цинк и др. Так вот, концентрация этих следовых элементов в бактериях, грибах, растениях и сухопутных животных тесно коррелирует с их концентрацией в морской воде. По мнению Д. Голдсмита и Т. Оуэна, это указывает на то, что жизнь на нашей планете возникла в земных морях, а не была занесена из Космоса, где относительное содержание следовых элементов могло быть совершенно иным.

Критикуя теорию панспермии, Тейяр де Шарден писал: «Зачем искать какие-то непонятные оплодотворяющие начала для нашей планеты в космическом пространстве? Сама молодая Земля по своему первоначальному химическому составу в целом и есть тот чрезвычайно сложный зародыш, который нам нужен. Если можно так выразиться, Земля неслась в себе преджизнь врожденно...»<sup>226</sup>. Каким же образом из этого зародыша развилась жизнь, как возникла она из неживой (предживой) материи? Имея в виду химический состав земной жизни, этот вопрос можно свести к следующему: каким образом на Земле возникли сложные органические молекулы и как они смогли сформироваться в живые системы? Изучением этой проблемы и занимается теория химической эволюции.

Прежде всего возникает вопрос: почему живые организмы не образуются из неживой материи в настоящее время? Один из самых простых доводов состоит в том, что уже развившаяся на Земле жизнь не дает возможность новому зарождению жизни, так как микроорганизмы и вирусы, по образному выражению И. С. Шкловского, «буквально съедают первые ростки новой жизни». Фактически, до этого дело не доходит, так как условия на современной Земле исключают возникновение на ней жизни. На это обратил внимание А. И. Опарин (1894–1980) еще в 1924 г.; он указал, что синтезу органических веществ препятствует свободный кислород, имеющийся в избытке в земной атмосфере, поскольку он активно вступает в реакцию с углеродными соединениями, окисляя их до углекислого газа. Последующие лабораторные эксперименты подтвердили, что в богатой кислородом среде не могут спонтанно возникать химические соединения, входящие в состав живых организмов. Каковы же были условия на первобытной Земле и в какой мере они способ-

<sup>226</sup> Тейяр де Шарден. Указ. соч., с. 66–67.



ствовали происхождению жизни? В этом вопросе нет полной ясности. Существует несколько различных моделей первобытной атмосферы Земли.

Одна из первых моделей была разработана в 1950-х годах известным американским геохимиком и планетологом Гарольдом Юри (1893–1981). Исходя из общей картины формирования Солнечной системы, он полагал, что состав первичной атмосферы Земли должен соответствовать составу того протопланетного облака, из которого образовалась Солнечная система. Поскольку самым обильным элементом в протопланетном облаке был водород, то атмосфера Земли должна была состоять в основном из простейших соединений водорода с другими наиболее обильными элементами: молекулярного водорода  $H_2$ , водяного пара  $H_2O$ , метана  $CH_4$  и аммиака  $NH_3$ . Такой состав имеют нынешние атмосферы планет-гигантов. На Земле свободный водород в дальнейшем улетучился в межпланетное пространство, однако в первичной атмосфере он присутствовал в большом количестве. Такую атмосферу, содержащую большое количество водорода, называют восстановительной. Представление о восстановительном характере первобытной атмосферы получило широкое признание. Еще раньше Опарин высказал предположение, что химические реакции в восстановительной атмосфере должны были привести к образованию сложных органических соединений, на основе которых возникли первые живые существа.

Чтобы проверить это предположение, Г. Юри и его аспирант С. Миллер поставили свой знаменитый опыт, который положил начало экспериментальному исследованию процесса происхождения жизни. В колбе воды над столом они поместили смесь газов, соответствующую составу первичной атмосферы:  $H_2$ ,  $H_2O$ ,  $CH_4$ ,  $NH_3$ ; через эту смесь пропускался электрический разряд, который служил источником энергии. Через несколько дней в колбе с водой были найдены органические вещества. Химический анализ смеси дал волнующий результат — среди продуктов реакции оказались биологически важные соединения, в том числе четыре аминокислоты, входящие в состав белков: глицин, аланин, аспаргиновая и глутаминовая кислота. В дальнейшем аналогичные эксперименты были проведены многими другими исследователями. Использовались различные источники энергии: УФ-излучение, ударные волны, радиоактивный распад. Во всех случаях возникали биологически активные соединения, включая аминокислоты. При использовании в каче-

стве источника энергии УФ-излучения наибольший выход аминокислот был получен, когда в смесь, предложенную Юри, добавляли сероводород ( $H_2S$ ). В этих экспериментах были получены также простейшие жирные кислоты: уксусная, муравьиная и пропионовая. Важнейшими промежуточными продуктами синтеза являются цианистый водород ( $HCN$ ) и формальдегид ( $HCHO$ ). В серии последующих реакций цианистый водород образует азотистые основания, а формальдегид — сахара. Таким путем были синтезированы четыре основания РНК (аденин, гуанин, цитозин, урацил) и различные сахара, включая рибозу, которая входит в состав РНК; однако до сих пор не удалось синтезировать тимин, входящий в состав молекулы ДНК вместо урацила.

Эти успехи в какой-то мере были поколеблены, когда появились новые данные о составе первичной атмосферы. Основанием для пересмотра модели Юри послужило исследование распространенности инертных газов: неона, аргона, криптона и ксенона. Оказалось, что относительное обилие этих газов (по отношению к другим элементам) на Земле в миллионы раз меньше, чем на Солнце. Поскольку они не вступают ни в какие соединения и достаточно тяжелы для того, чтобы улечься из земной атмосферы (криптон и ксенон, например, тяжелее железа), то их обилие на Земле сейчас должно соответствовать их обилию в протопланетном облаке — если бы первичная атмосфера Земли сформировалась из него. Но так как этого нет, так как обилие благородных газов намного меньше, то ясно, что земная атмосфера не могла быть «захвачена», не могла образоваться непосредственно из протопланетного облака.

Одна из альтернативных моделей исходит из того, что первичная атмосфера образовалась из твердого вещества, богатого летучими элементами (водород, кислород, углерод, азот), которые присутствовали в нем в связанном виде, в составе молекул, содержащих эти элементы. По своему составу такое вещество напоминает вещество некоторых метеоритов и комет, еще сегодня существующих в Солнечной системе. При формировании Земли, на заключительной стадии ее образования, частицы вещества, богатого летучими элементами, сталкиваясь с Землей и нагреваясь при соударении, теряли летучие элементы. Так могла образоваться слабо восстановительная атмосфера, содержащая водяной пар ( $H_2O$ ), азот ( $N_2$ ), окись углерода ( $CO$ ) и углекислый газ ( $CO_2$ ), а также небольшое количество водорода  $H_2$ . Геологические данные свидетельствуют в пользу такой слабо восстановительной первичной атмосферы.

Наконец, еще одна модель исходит из того, что Земля сформировалась, вообще, без всякой атмосферы только из твердых материалов. Атмосфера возникла позднее, вследствие дегазации, т. е. выделения газов из земной коры, разогретой за счет распада короткоживущих радиоактивных изотопов. Этот процесс должен был привести к формированию такого же состава атмосферы, как и в предыдущей модели:  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ . Что касается водорода, то земное тяготение не в силах удержать его и он со временем улетучивается из атмосферы.

Новые модели первичной атмосферы не закрывают путь к синтезу органических соединений. Эксперименты показали, что и в слабо восстановительной атмосфере, содержащей мало свободного водорода, также могут возникать сложные органические молекулы. В некоторых экспериментах водород, вообще, не включали в смесь газов. В одном из таких экспериментов было получено 12 аминокислот (из тех 20-ти, что входят в состав белковых молекул). Таким образом, многочисленные эксперименты по абиогенному синтезу продемонстрировали возможность образования основных классов биологически важных соединений — мономеров, которые служат строительными блоками для построения более сложных молекул (полимеров). При этом, как выяснилось, совершенно не обязательно, чтобы процесс проходил в чрезвычайно богатой водородом (сильно восстановительной) среде, которая соответствует опытам Миллера–Юри. Достаточна и слабо восстановительная атмосфера, лишь бы она не была окислительной. То есть наиболее существенное требование состоит в отсутствие свободного кислорода в атмосфере. В богатой кислородом атмосфере не могут самопроизвольно синтезироваться органические соединения, входящие в состав живых организмов. Впрочем, существуют, по крайней мере, два источника органических соединений, которые не зависят от состава атмосферы.

Один из них был указан советским биофизиком Л. М. Мухиным — это подводные вулканы. Они поставляют одновременно и исходное сырье, и энергию, необходимую для синтеза органических соединений. В зоне действия подводного вулкана выделяется большое количество таких газов, как:  $\text{CO}$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  и др. Реакции, проходящие между ними в условиях высоких температур и давлений, приводят к образованию цианистого водорода и формальдегида, которые являются предшественниками биологически важных органических веществ (мономеров). Образующиеся в процессе извержения твердые частицы могут выступать в

роли катализаторов, а в дальнейшем они способствуют полимеризации образующихся органических соединений (см. ниже). Действующий в районе подводных вулканов механизм образования сложных соединений не зависит от состава атмосферы.

Еще один не зависящий от атмосферы источник возвращает нас в Космос — это кометы и метеоры. В составе комет имеются простейшие углеродные соединения, такие как  $\text{CH}$ ,  $\text{CN}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ , а также вода, аммиак, цианистый водород, т. е. как раз те вещества, которые являются исходными для синтеза более сложных органических соединений. При столкновении кометных ядер с первобытной Землей эти вещества могли поступать в атмосферу и на поверхность, обогащая их первичными органическими соединениями. Не исключено, что в составе комет есть и более сложные соединения, включая аминокислоты. В. Г. Фесенков рассматривал столкновения Земли с кометами, как один из важнейших источников поступления органических соединений. К сожалению, его работы в то время (1950–1960-е годы) не привлекли должного внимания. Но спустя несколько десятилетий этот механизм стал активно изучаться многими исследователями. По оценкам Дж. Гринберга и В. Схутте (1984 г.), ядро массивной кометы, столкнувшись с Землей, может внести на ее поверхность такое количество органической материи, которое по порядку величины сравнимо со всей нынешней земной биомассой. Это могло бы (отмечают они) вызвать вспышку химической активности и послужить толчком к зарождению жизни.

Среди метеоритов наибольший интерес, применительно к обсуждаемой проблеме, представляют так называемые углистые хондриты. Это класс каменных метеоритов, отличающихся повышенным содержанием углерода. Еще в первой половине XIX века в составе углистых хондритов были обнаружены органические вещества. Природа их длительное время оставалась неизвестной, так как всегда очень трудно отделить органические соединения, входящие в состав самого метеорита, от «загрязнений», приобретенных при его полете в атмосфере, ударе о поверхность и, наконец, при сборе образцов метеорита. Поэтому сообщениям об обнаружении органических соединений в метеоритах обычно не придавалось большого значения. Интерес к этой проблеме возрос после того, как в 1960 г. Мелвин Кальвин и Сьюзен Вон доложили об обнаружении в метеорите Мюррей (упавшем в 1950 г. в штате Кентукки, США) довольно сложных органических соединений — высокомолекулярных парафиновых углеводородов, похожих по составу на нефть, а также

вещества, напоминающего цитозин. Эта работа вызвала очень жаркую дискуссию. В 1961 г. другая группа американских ученых исследовала метеорит Оргейль (упавший во Франции в 1868 г.), в котором ранее было обнаружено вещество, похожее на углеводороды. Они подтвердили этот результат и показали, что некоторые углеводороды содержат цепочки из 29 атомов. Несмотря на то, что сами исследователи исключали возможность «загрязнения» земными образцами, вопрос оставался открытым.

Проблему удалось решить лишь после того, как в 1970-х годах был исследован с применением более совершенных аналитических методов метеорит Мерчисон, упавший в Австралии в 1969 г. В составе этого метеорита было обнаружено 16 аминокислот; из них только 5 относятся к числу тех, из которых конструируются белковые молекулы, а остальные 11 относятся к тем аминокислотам, которые не входят в состав живых организмов на Земле. Впоследствии число обнаруженных аминокислот было доведено до 50 и оказалось, что только 8 из них входят в состав белковых молекул. Далее, как показал анализ, в метеорите Мерчисон в одинаковом количестве встречаются и левые, и правые молекулы. Все это указывает на небιологическое (а значит, внеземное) происхождение аминокислот в метеорите Мерчисон. В нем были найдены также азотистые основания: аденин, гуанин, урацил и другие углеродные соединения. Исследование изотопного состава показало, что отношение изотопов углерода  $^{12}\text{C}$  и  $^{13}\text{C}$  отличается от их отношения в земных организмах, что также свидетельствует о внеземном происхождении углеродных соединений в этом метеорите. Впоследствии аминокислоты были обнаружены также в метеорите Мюррей. Кроме того, в углистых хондритах были найдены жирные кислоты и другие биологически важные молекулы.

Таким образом, дискуссия об органических соединениях в метеоритах (очень острая в первые годы становления проблемы SETI) завершилась признанием их абиогенного, внеземного происхождения. Однако к моменту, когда это было установлено, острота проблемы уже спала. Это связано с обнаружением методами радиоастрономии органических молекул в межзвездных газопылевых облаках (см. п. 2.1.4); среди них: аммиак, цианистый водород, формальдегид, ацетальдегид, цианоацетилен и вода, т. е. те молекулы, которые в лабораторных опытах по моделированию химической эволюции рассматриваются как предшественники аминокислот, нуклеотидов и углеводов. Эти открытия, в сочетании с

обнаружением органических веществ в кометах и метеоритах, свидетельствуют о том, что повсюду во Вселенной (по крайней мере, в нашей Галактике) в широких масштабах происходит синтез биологически важных соединений, в том числе основных мономеров генетической системы. Как подчеркивает Н. Хоровиц, этот процесс представляет собой явление космического масштаба. Поэтому не исключено, что органические соединения (по крайней мере, часть из них), которые легли в основу первых живых организмов, имели внеземное происхождение. Вещество метеоритов и комет, падавших на первобытную Землю, могло послужить источником органических молекул и, тем самым, ускорить процесс химической эволюции на Земле. Так или иначе, но образование основных строительных блоков биохимии, в свете современных данных, не представляет собой серьезную проблему. Но это лишь первый шаг на пути к жизни. Следующий шаг должен состоять в полимеризации — образовании полимеров, молекулы которых входят в состав живой клетки.

Этот процесс, по-видимому, протекал в первобытном океане, который представлял собой довольно насыщенный раствор органических соединений (первичный бульон), а также в более мелких водоемах. Но как это происходило? При синтезе полимеров на каждом этапе к растущей цепи присоединяется очередной мономер. При этом потребляется определенная энергия и выделяется молекула воды. В живой клетке специально вырабатываются богатые энергией молекулы, и, кроме того, весь процесс протекает под контролем соответствующих белков-ферментов, которые не только ускоряют реакции, но и устраняют ненужные молекулы. В «первичном бульоне» отсутствовали ферменты, под действием которых могли синтезироваться нуклеиновые кислоты, и отсутствовали эти кислоты, которые управляют синтезом белков-ферментов. При этом необходимые для синтеза молекулы составляли только часть (и вероятно, не очень значительную) общего количества растворенных органических соединений. Как при этих условиях могли образоваться первые полимеры — остается не ясным.

Как ни странно, важную роль в этом процессе могла сыграть обыкновенная глина, имеющаяся у берегов и на дне водоемов. Частицы глины обладают высокой абсорбционной способностью, что позволяет, с одной стороны, увеличивать концентрацию оседающих на них органических соединений, а с другой, — удалять лишние молекулы, в том числе образующиеся при полимеризации мо-

лекулы воды. Кроме того, структура атомных решеток в глинистых минералах могла бы послужить в качестве матриц для упорядочения органических молекул. Действительно, эксперименты показали, что некоторые глинистые минералы способствуют полимеризации, помогая выстраивать в цепочки отдельные мономеры. И все же образование полимеров в первобытных водоемах остается пока одной из величайших загадок.

Следующая проблема — образование внутренней среды живой клетки. Если в растворе каким-то образом сформировались органические полимеры, то при достаточно высокой концентрации они, как показывают исследования, будут объединяться в крупные молекулярные агрегаты, насчитывающие сотни тысяч молекул. Такие агрегаты выделяются из раствора в виде *коацерватных* капель. При наличии подходящих молекул коацерватные капли окружаются мембраной. В результате образования коацерватных капель в первобытном океане в них могли сконцентрироваться почти все присутствующие в океане белковые молекулы и другие полимеры, а в окружающей среде остаться только сравнительно простые низкомолекулярные соединения. По мнению академика А. И. Опарина, коацерватные капли могли послужить прообразом живой клетки. Внутри таких капель протекают простые химические реакции. При этом они обладают способностью улавливать и впитывать необходимые вещества из окружающего их низкомолекулярного раствора. В этой способности Опарин видит зачатки обмена веществ, характерного для живой клетки. Возможно, образование коацерватных капель, действительно, сыграло определенную роль на пути формирования жизни, и все-таки коацерватная капля — это еще не клетка с ее очень тонкой структурой и организацией. Чтобы из коацерватной капли сформировать клетку, в нее, образно говоря, надо вдохнуть душу. Прежде всего надо создать и поместить внутри клетки прекрасно отлаженный механизм наследственности. Каким образом появился этот механизм — остается совершенно неясным. Если бы даже каким-то чудом в первобытном океане возникла настоящая молекула ДНК, вполне подобная современной, она была бы совершенно беспомощна; ведь, как мы уже не раз отмечали, молекула ДНК функционирует лишь при наличии белков-ферментов. Мы уже не говорим о необходимости иметь в дополнение к ДНК несколько видов РНК и такие клеточные структуры, как рибосомы. Возникновение механизма наследственности, по-видимому, является центральной проблемой происхождения жизни на Земле.

И. С. Шкловский выделяет в этом процессе следующие этапы:

- 1) эволюция малых молекул (образование мономеров);
- 2) образование полимеров;
- 3) возникновение каталитических функций;
- 4) самосборка молекулы;
- 5) возникновение мембран и доклеточная организация;
- 6) возникновение механизма наследственности;
- 7) возникновение живой клетки.

В настоящее время мы достаточно ясно представляем себе только первый этап и в какой-то мере приблизились к пониманию второго. Все остальное остается совершенно неясным. Несмотря на то, казалось бы, большие успехи, наука все еще очень далека от понимания процесса происхождения жизни. Складывается впечатление, что чем больше мы узнаем о тайнах живой клетки, тем меньше понимаем, как могло возникнуть это чудо природы. Крупнейший российский ученый академик В. И. Вернадский подчеркивал, что отсутствие перехода от неживого вещества к живому — это не гипотеза и не теоретическое построение, а обобщение, основанное на эмпирических данных. Он считал, что жизнь во Вселенной существует вечно и привнесена на Землю из Космоса.

В последнее время под влиянием отмеченных трудностей интерес к панспермии возрождается вновь. При этом, наряду с анализом классического варианта теории, предложенного Аррениусом, была выдвинута идея о *направленной панспермии*, согласно которой жизнь занесена на Землю из Космоса, но не случайно, а в результате сознательной деятельности высокоразвитых внеземных цивилизаций. Наиболее полно эта идея была обоснована Ф. Криком и Л. Оргелом в 1973 г., хотя и раньше подобные мысли высказывались другими учеными, например, Дж. Холдейном, а еще раньше К. Э. Циолковским<sup>227</sup>. В отличие от своих предшественников, которые исходили из общих умозрительных соображений, Крик и Оргел пытались обосновать гипотезу панспермии с биологических позиций. Одним из важнейших аргументов в пользу направленной панспермии они считают универсальность генетического кода. Ведь в условиях спонтанного возникновения жизни путем химической эволюции множества молекул можно ожидать образования организ-

---

<sup>227</sup> Интересны взгляды Циолковского по этому вопросу. Он считал, что жизнь возникает самопроизвольно лишь на некоторых планетах. Достигнув высокого развития, разумные существа приступают к планомерному заселению Вселенной, сея семена жизни на других планетах. Причем именно этот путь Циолковский считал основным.



мов с различными системами генетического кода. Между тем, известно (мы уже упоминали об этом), что все живые организмы на Земле — от бактерий до человека — используют один и тот же универсальный генетический код.

Выше отмечалось, что данные о концентрации следовых элементов в живых организмах как будто указывают на то, что жизнь возникла на самой Земле (хотя мы и не знаем, как это произошло). Возможно, направленная панспермия, если она действительно имеет место, осуществляется на уровне преджизни, т. е. переносится лишь управляющая программа, а для построения «тела» клетки используются те элементы, которые имеются в окружающей среде. Это могло бы объяснить корреляцию содержания следовых элементов в живых организмах и в морской воде.

Более важным для теории панспермии является вопрос: как возникла жизнь в тех мирах, откуда она начала свое распространение? Как первоначально возникла жизнь во Вселенной? Это вновь возвращает нас к проблеме вечности жизни. Несомненно, жизнь, в той или иной *конкретной* форме, возникает на определенном этапе эволюции Вселенной и существует в течение определенного ограниченного времени. Но формы жизни могут сменять друг друга, эволюционируя вместе с развитием Вселенной в бесконечных циклах ее расширения и сжатия. Когда очередная вселенная возникает из вакуумной пены, в ее зародыше, возможно, уже содержится программа ее дальнейшего развития, включая и образование жизни. В течение какого-то времени она существует в потенциальном виде, на уровне преджизни, а затем (подобно зерну, попавшему в благоприятную почву и завершившему подготовительный период) «прорастает» к активной форме. Как это происходит, как совершается переход от преджизни к жизни — мы пока, к сожалению, не знаем.

**4.2.4. Химия и физика чужой жизни.** До сих пор речь шла о жизни на Земле. Теперь, опираясь на данные о земной жизни, мы должны обсудить вопрос о возможных формах жизни в Космосе. Этот вопрос имеет две стороны: физические основы и химические формы жизни. Жизнь на Земле построена на молекулярной основе. Можно думать, что жизнь за ее пределами, по крайней мере определенный тип внеземной жизни, также имеет молекулярную природу. Остановимся прежде всего на молекулярной жизни. Химический состав и строение молекул, лежащих в основании чужой жизни, вообще говоря, может отличаться от земных. Следователь-

но, можно говорить о различных формах молекулярной жизни, о различной химии жизни.

Живые существа на Земле на 95 % состоят из водорода, кислорода, углерода и азота. Но это (не считая гелия) как раз самые распространенные элементы во Вселенной<sup>228</sup>. Поэтому весьма вероятно, что они входят также и в состав внеземных организмов. Если это так, то внеземная жизнь, как и жизнь на Земле, будет основана на углеродных соединениях. Именно углерод в этом случае составит основу (каркас) внеземной жизни. В пользу такого заключения говорит и обилие органических соединений в межзвездной среде, в том числе достаточно сложных соединений. Вряд ли это обстоятельство является случайным, и готовые биохимические блоки не находят себе дальнейшего применения. Можно думать, что в определенных условиях, на определенном этапе, действительно, возникает жизнь, основанная на углеродных соединениях. Но это, конечно, не означает, что живая материя всюду состоит точно из таких же молекул, как на Земле. Прежде всего для построения внеземных белков могут использоваться другие аминокислоты, отличные от тех 20-и аминокислот, которые входят в состав земных организмов. Генетические системы внеземной жизни также не обязательно должны быть химически идентичны нашим. Возможно, что в состав внеземных организмов не входят известные нам белки, ДНК и РНК. Но в таком случае там должны быть молекулы, выполняющие аналогичные функции.

Следующий вопрос связан с природой растворителя. Земная жизнь в качестве растворителя использует воду. Это сразу определяет температурный диапазон земной жизни: от 0 до 100 °С. Возможны ли другие типы растворителя? Надо сказать, что вода — это уникальное вещество, обладающее очень ценными свойствами. Прежде всего она прекрасно растворяет разнообразные органические соединения. Далее, вода обладает высокой теплоемкостью и высокой теплотой парообразования. Это позволяет, с одной стороны, сглаживать резкие изменения внешней температуры окружающей среды, а с другой, — регулировать внутреннюю температуру организма путем отвода тепла, выделяемого внутри клетки, за счет испарения небольшого количества воды. Имеет значение и высокое поверхностное натяжение воды: в живой клетке оно способствует

---

<sup>228</sup> По своему химическому составу живое вещество на Земле больше напоминает состав звезд и межзвездной среды, чем планеты, на которой мы живем.

концентрации твердых веществ вблизи мембраны. Этим уникальные свойства воды не исчерпываются. Тем не менее она не является единственно возможным растворителем.

Хорошо растворяет органические вещества также аммиак, который и по другим свойствам приближается к воде. По составу органические соединения, растворимые в аммиаке, отличаются от привычных нам «водноуглеродных». Чтобы установить соответствие между ними, надо заменить в обычных органических соединениях кислород на аминную группу  $\text{NH}$ , а гидроксильную группу  $\text{OH}$  заменить на амин  $\text{NH}_2$ . Так, этиловому спирту  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  будет соответствовать соединение  $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$ . Таким способом можно построить аналоги обычных аминокислот и аналоги состоящих из них белковых соединений. Так же могут быть построены аналоги ДНК и РНК с их кодом наследственности. Если такие аммиачные организмы существуют, то процессы метаболизма в них отличаются от метаболизма земной жизни. Земные организмы пьют воду и дышат кислородом, а «аммиачные» организмы пьют аммиак и дышат азотом. При нормальном давлении аммиак сохраняется в жидком состоянии в интервале температур от  $-70^\circ\text{C}$  до  $-33^\circ\text{C}$ . Следовательно, аммиачная жизнь может существовать только при очень низкой температуре. В Солнечной системе подобные условия могут иметь место в атмосферах планет-гигантов, где имеется и достаточное количество аммиака. В настоящее время нет никаких данных о существовании аммиачной жизни, но принципиально такая возможность существует.

Кроме аммиака и воды в качестве возможных растворителей рассматривались метиловый спирт, фтористоводородная кислота ( $\text{HF}$ ) и цианистый водород. Считается, что использование их в качестве растворителя маловероятно, но полностью исключить такую возможность мы не можем. Отметим, что метиловый спирт сохраняется в жидкой фазе при весьма широком диапазоне температур — от  $-94^\circ\text{C}$  до  $+65^\circ\text{C}$ , что соответственно расширяет возможности «метилово-углеродной» жизни.

До сих пор речь шла о различных формах углеродной жизни. Но нельзя ли еще больше расширить ее возможности (и диапазон условий существования) за счет перехода к неуглеродным формам? Конечно, использование углерода в качестве основного элемента жизненно важных молекул является не случайным. Выше мы уже говорили о тех свойствах углерода, которые используются при построении биохимических соединений. Благодаря своим химическим свойствам (наличию сильных ковалентных связей) углерод спо-

собен образовывать длинные молекулярные цепи, создавая практически неисчислимое множество сложных и вместе с тем стабильных молекул. Более того, поскольку ковалентные связи имеют пространственную ориентацию, углеродные цепи формируются в гигантские трехмерные структуры, которые характерны для активной фазы жизненно важных молекул. Атомы углерода образуют «несущий каркас» (скелет) этих пространственных конструкций. Существуют ли другие элементы с подобными свойствами?

Ближайшим к углероду четырехвалентным элементом является кремний. В периодической системе элементов Менделеева он расположен в одной группе с углеродом, непосредственно под ним. Обилие кремния во Вселенной меньше, чем углерода, но все же он достаточно распространенный элемент; на Земле, например, его много больше, чем углерода. Можно ли на основе кремния построить длинные молекулярные цепи? Связь между атомами кремния приблизительно вдвое слабее, чем между атомами углерода. Но главное не в этом; главное в том, что связь кремний–кремний много слабее связи кремний–кислород и кремний–водород. Поэтому длинные цепочки, основанные на структуре  $-\text{Si}-\text{Si}-\text{Si}-$ , создать сложно. Но эта трудность не является непреодолимой. Оказалось, что можно создать кремниевые полимеры на основе кремний-кислородных связей, т. е. на основе цепочки:  $-\text{Si}-\text{O}-\text{Si}-\text{O}-$ , где атомы кремния чередуются с атомами кислорода. Такие полимеры (силоксаны) стабильны и могли бы послужить основой «кремний-органической» жизни.

В условиях относительно низких температур, которые господствуют на поверхностях планет, кремний-органическая жизнь не может возникнуть. Этому препятствует чрезвычайно сильное сродство кремния к кислороду. При температуре меньше 1000 К даже в очень богатой водородом восстановительной атмосфере кремний вместо того, чтобы соединиться с водородом и образовать силан  $\text{SiH}_4$  (аналогичный метану в химии углеродных соединений), соединяется с кислородом, присутствующим пусть в самом ничтожном количестве, и образует двуокись кремния  $\text{SiO}_2$ . Однако при высокой температуре, больше 1000 К, простейшие кремний-органические соединения, такие как силан, все же образуются. Наряду с другими кремний-водородными соединениями они могут стать исходным материалом для образования более сложных кремний-органических молекул. Следовательно, жизнь на основе кремния может возникнуть только в условиях высоких температур, которые имеют место в ат-

мосферах звезд или в недрах планет. В связи с этим невольно возникает вопрос: может быть, не так уж не правы были те ученые, которые допускали возможность существования жизни на Солнце? Конечно, с нашей обычной точки зрения, это совершенно экзотические формы жизни.

Большинство специалистов все же скептически относятся к возможности существования жизни на кремниевой основе, полагая, что жизнь может быть построена только на основе углеродных соединений. Выступая на советско-американской конференции SETI в 1971 г., К. Саган назвал эту точку зрения «углеродным шовинизмом».

По его мнению, основанием для такой точки зрения является лишь то обстоятельство, что ее приверженцы сами состоят из углерода. Саган призвал к свободному от антропофобизма непредубежденному обсуждению проблемы. Надо признать, что психологически это довольно трудно, ибо мы склонны абсолютизировать известные нам вещи. На основе имеющихся на сегодня данных можно заключить, что знакомая нам водно-углеродная жизнь, к которой принадлежим мы сами, по-видимому, является достаточно типичной и должна возникать во всех случаях при наличии условий, близких к тем, которые имели место на первобытной Земле. В то же время в других условиях могут существовать иные формы углеродной жизни, с использованием других веществ в качестве растворителей (например, упомянутая выше аммиачная жизнь). И наконец, нельзя исключить существования не углеродной жизни, хотя здесь нет, по-видимому, безграничного разнообразия возможностей.

Впрочем, и в рамках углеродной жизни можно встретиться с совершенно необычными формами. На одну такую возможность, связанную со сверхпроводимостью, указал В. Л. Гинзбург. Высокотемпературная сверхпроводимость наиболее легко достигается для слоистых и нитевидных соединений. Но именно такие структуры лежат в основании живых систем. Поэтому можно допустить, что на каких-то других планетах в состав живых организмов входят сверхпроводящие вещества, созданные в процессе эволюции. Можно представить, какими необычными свойствами обладала бы такая жизнь!

Обратимся теперь к физическим основам жизни. Мы рассмотрели жизнь на молекулярной основе. Является ли это единственной возможностью? Известный английский астрофизик Ф. Хойл в своем замечательном романе «Черное облако» описал смешанный тип жизни, в котором используются как химические, так и электромагнитные процессы.

Облако представляет собой систему размером с орбиту Венеры и с массой, равной приблизительно массе Юпитера. Оно состоит из обычного вещества (газа и пыли) и свободно перемещается в межзвездном пространстве, время от времени приближаясь к какой-либо звезде для подзарядки энергией. Эта энергия используется, в частности, для синтеза необходимых Облаку молекул, из которых строятся его управляющие и информационные системы, мозг Облака. Передача информации внутри Облака осуществляется не посредством химических процессов, как в случае земной жизни, а непосредственно с помощью электромагнитных волн. Это дает ряд преимуществ, прежде всего в скорости и объеме передаваемой информации, и позволяет сформировать единый сверхорганизм таких гигантских размеров. Несомненно, Хойл использовал жанр фантастического произведения, чтобы выразить свои мысли о возможных формах внеземной жизни и ее отличии от жизни земной. В романе содержится много остроумных и поучительных соображений на эту тему, но мы на них останавливаться не можем. Отметим, что такие гигантские системы позволяют преодолеть еще один вид «шовинизма» в представлениях о внеземной жизни, так называемый «планетный шовинизм», т. е. убеждение в том, что жизнь во Вселенной может развиваться только на планетах. Одновременно преодолевается и стереотип жизни, для которой обязательно необходима жидкая внутренняя среда.

Химические процессы основаны на электромагнитном взаимодействии. С этой точки зрения Черное облако и земная жизнь относятся к одному типу. Более радикальные отличия связаны с переходом к типам жизни, основанным на других видах взаимодействий: сильных и гравитационных. Разумеется, все соображения в этой области относятся к чисто умозрительной сфере, но они представляют интерес, так как позволяют осознать круг проблем, с которыми мы можем встретиться при изучении внеземной жизни.

Идея о возможности существования жизни на уровне элементарных частиц была высказана Дж. Коккони — одним из тех ученых, кто находился у истоков становления проблемы SETI (см. гл. 1). Оценивая ее, академик В. Л. Гинзбург отмечал: «Вряд ли такую идею можно считать абсурдной, поскольку известно около двух сотен сортов таких частиц. Это значительно больше, чем основных “кирпичиков”, из которых построено обычное вещество. Поэтому в принципе не исключена возможность появления или создания достаточно сложной и даже “живой” системы из элементарных частиц.

---

<sup>229</sup> Гинзбург В. Л. Выступление на советско-американской конференции SETI, Бюракан, сентябрь 1971 / Проблема SETI (связь с внеземными цивилизациями). — М.: Мир, 1975. С. 176.

Разумеется, это пока лишь чистая спекуляция, фантазия, но не лженаука»<sup>229</sup>. В каких условиях может возникнуть подобная форма жизни? Ф. Дрейк указал, что подходящим местом могли бы оказаться внешние слои нейтронной звезды. В 1975 г. французский астрофизик Ж. Шнейдер проанализировал возможность «ядерной жизни» на нейтронных звездах. Этот вопрос обсуждается также в неоднократно упомянутой нами книге Д. Голдсмита и Т. Оуэна «Поиски жизни во Вселенной».

Температура на поверхности нейтронной звезды составляет  $10^6$  К, а сила тяжести в  $10^{12}$  раз превышает силу тяжести на поверхности Земли. В таких условиях ни одна молекула, ни один атом не могут существовать. Это мир элементарных частиц, которые мечутся со скоростями порядка 1000 км/с, сталкиваясь и взаимодействуя друг с другом. При таких взаимодействиях могут возникать ядра, насчитывающие десятки тысяч элементарных частиц, которые по сложности можно рассматривать как аналоги живой клетки или, по крайней мере, аналоги макромолекул, лежащих в основании химической жизни. Время жизни подобных ядер порядка  $10^{-15}$  с. По нашим земным меркам, это время ничтожно мало, но надо иметь в виду, что временной масштаб ядерной жизни совершенно несоизмерим с нашим временным масштабом. В основе земной жизни лежат химические реакции, характерная длительность связанных с ними жизненных процессов составляет  $\sim 10^{-3}$  с. Характерное время для процессов «ядерной жизни»  $\sim 10^{-21}$  с (время, в течение которого нуклон на поверхности нейтронной звезды проходит расстояние, равное своему размеру). Отношение характерных времен составляет  $10^{18}$ . Это и есть тот масштабно-временной фактор, на который процессы «ядерной жизни» отличаются от нашей молекулярной жизни. Таким образом, времени существования «живых ядер» ( $10^{-15}$  с) соответствует  $10^3$  с для молекулярной жизни. А это как раз равно по порядку величины минимальной продолжительности поколений у земных организмов. Длительность биологической эволюции на Земле составляет  $\sim 10^{17}$  с, соответствующее время эволюции «ядерной жизни»  $\sim 10^{-1}$  с. Если принять характерное время жизни земной цивилизации  $10^4$  лет, то соответствующее время для цивилизации на нейтронной звезде составит  $3 \cdot 10^{-7}$  с.

Предположим, что эти цивилизации используют для связи электромагнитные волны. Можно с уверенностью утверждать, что они не остановятся ни на радиоволнах, ни на волнах видимого света, ибо в их масштабе времени световые колебания (не говоря уже о радиоволнах) имеют

слишком низкую частоту. Вероятней всего они будут использовать гамма-кванты, возникающие при взаимодействии между элементарными частицами на поверхности нейтронной звезды. Частота гамма-квантов соответствует временному масштабу «ядерной жизни». Если мы хотим установить контакт с подобной цивилизацией, мы должны быть готовы зарегистрировать (возможно, очень большой) объем информации в течение ничтожных долей наносекунды. Справившись с этой задачей, мы можем спокойно расшифровывать полученную информацию в привычном для нас темпе, но мы никогда не сможем ответить им, даже в том случае, если бы сами находились на поверхности нейтронной звезды, ибо прежде чем мы осознаем первый бит информации, эта эфемерная цивилизация перестанет существовать.

Впрочем, может быть, несмотря на быстротечность реакций, лежащих в основании ядерной жизни, возникшие на ее базе цивилизации могут существовать в течение всего времени жизни нейтронной звезды — для них это было бы равносильно практической бесконечности.

«Ядерная жизнь» основана на сильных взаимодействиях между элементарными частицами, образующими «живое ядро». Другой крайний, с нашей точки зрения, случай представляет жизнь, основанная на гравитационном взаимодействии. Возможно ли это? Характерная структурная единица «гравитационной жизни» должна быть достаточно велика, чтобы сила гравитации преобладала над сильным и электромагнитным взаимодействиями — она должна быть сопоставима с размерами звезд. Если это так, если отдельные звезды в системах «гравитационной жизни» играют такую же роль, как атомы и молекулы в химической жизни, то аналогом живой клетки могли бы быть галактики. Поскольку характерное время взаимодействия между отдельными звездами в галактиках (многие миллионы лет) очень велико по сравнению с длительностью химических реакций ( $10^{-3}$  с), то миллиарды лет существования галактик во временном масштабе «гравитационной жизни» соответствуют лишь первым секундам эволюции химической жизни. Значит, «гравитационная жизнь» (если о ней, вообще, можно говорить), по существу, еще не успела возникнуть.

Надо признать, что когда мы пытаемся размышлять о «ядерной» или гравитационной жизни, мы испытываем большие психологические затруднения, ввиду необычности этих форм жизни и совершенно непривычных для нас пространственно-временных рамок. И все же логически мы не можем исключить возможность такой жизни, хотя она с трудом поддается нашему воображению. Наши



представления о ней неизбежно грубы, заведомо не совсем правильны, но, думая в этом направлении, мы подготавливаем наше сознание к принятию существующей Реальности во всем ее многообразии.

Впрочем, обязательно ли не химические формы должны быть связаны с «ядерной» или «гравитационной» жизнью? Ведь в беспредельном Космосе, неисчерпаемом как вширь, так и вглубь (возможно в иных пространственных измерениях) могут существовать неизвестные нам более тонкие виды материи, подчиняющиеся другим закономерностям, другим типам взаимодействий. С этими видами материи могут быть связаны какие-то иные неведомые нам формы жизни. В этой связи представляет интерес гипотеза академика РАМН В. П. Казначеева о сосуществовании на Земле двух форм жизни: белково-нуклеиновой и «полевой» («энерго-информационной»). Основываясь на экспериментах по передаче информации от клетки к клетке, проведенных в Институте клинической и экспериментальной медицины Сибирского отделения АМН СССР, Казначеев пришел к выводу, что земные существа представляют собой симбиоз различных форм живого «вещества» (живой материи), включая «полевые» формы; причем белково-нуклеиновые тела клеток являются только «носителями» информационных полей, которые простираются безгранично<sup>230</sup>. Возникает в связи с этим такой вопрос: не является ли полевая форма внутренней сущностью белково-нуклеиновой жизни (той внутренней стороной жизни, о которой говорил Тейяр де Шарден)? Казначеев ничего не говорит о природе полевой составляющей, но судя по всему, она не сводится к известным физическим полям. Отметим, что, согласно Казначееву, «полевая» жизнь существует в Космосе изначально, вечно перерабатывая потоки энергии, создавая те или иные структуры материи. Можно принять такую концепцию, если допустить, что «полевая» составляющая жизни принадлежит к более тонким мирам, находящимся за пределами физического вакуума, и потому может свободно проходить через сингулярное состояние<sup>231</sup> вселенных, рождающихся из вакуумной пены. Это могло бы обеспечить передачу информации от одного цикла Вселенной к другому, включая программу разви-

---

<sup>230</sup> Казначеев В. П. Симбиоз жизни / Феномен. — М.: Мир, 1989. См. также: Казначеев В. П., Михайлова Л. П. Сверхслабые излучения в межклеточных взаимодействиях. — Новосибирск: Наука, 1981.

<sup>231</sup> Напомним, что под сингулярным состоянием мы понимаем не фридмановскую сингулярность, а состояние материи с очень высокой, но не бесконечно большой плотностью, которое имеет место в начале эпохи раздувания Вселенной при  $t = t_{\text{ин}}$  (см. п. 2.2.3).

тия нового цикла со всем богатством развивающихся в нем форм жизни и разума.

(Похожий сценарий передачи информации через сингулярность с помощью нейтринного сигнала описан С. Лемом в романе «Голос Неба». Возможность прохождения нейтринного сигнала через сингулярность остается весьма проблематичной, но «полевая» составляющая, принадлежащая более тонким нефизическим мирам, может быть совершенно не чувствительна к физической сингулярности.)

К представлениям о «полевой» жизни тесно примыкают идеи К. Э. Циолковского о существовании «тонких» форм жизни, «неизвестных разумных сил», построенных на основе «несравненно более разреженной материи». Циолковский считал, что в перспективе изменится и физическая основа человечества, которое из «вещественного» превратится в «лучистое».

Гипотеза о полевой форме жизни позволяет по-новому взглянуть на теорию панспермии. Жизнь может быть привнесена на Землю не в виде спор и бактерий, а в полевой форме, т. е. в форме гипотетических постоянно действующих во Вселенной «биологических» энергоинформационных полей, под действием которых при наличии необходимых условий формируются биологические макромолекулы и состоящие из них живые системы<sup>232</sup>.

Отметим, что, с точки зрения современных представлений о процессах самоорганизации материи, существование разнообразных форм жизни, основанных на различных материальных носителях, не только возможно, но и необходимо. «Такие процессы в материальном мире, — пишет Б. Н. Пановкин, — ... носят, по-видимому, достаточно широкий и общий характер и, вообще, не привязаны к какому-то определенному материальному субстрату. Последнее означает, что самоорганизующиеся высокоорганизованные системы в принципе могут возникать не только на белковом субстрате, но и на любом подходящем материале. Самоорганизация является всеобщим свойством материи и может возникать в различных формах при подходящих условиях»<sup>233</sup>.

<sup>232</sup> Мартынов А. В. Исповедимый путь. — М.: Прометей, 1990. С. 64.

<sup>233</sup> Пановкин Б. Н. Проблема внесемных цивилизаций. — М.: Знание, 1979. С. 31. О процессах самоорганизации и возможных формах жизни см. также: Лем С. Сумма технологии. — М.: Мир, 1968. Раздел: Конструкция жизни. С. 420–434.

#### 4.2.5. Жизнь на планетах и в межзвездной среде

Мы привыкли, как говорится, все «мерить на свой аршин», отсюда мы полагаем, что на многих мирах возможны близкие к нашему миру условия и потому, де, возможна и жизнь. Мы не мыслим себе жизнь вне наших земных условий, вне нашей «органической» материи. Безусловно, существует бесчисленное множество миров с условиями очень похожими на наши, но полного сходства нет и не может быть ни с какой-либо другой планетой. Зато, несомненно, жизнь существует решительно на всех мирах, только формы ее могут значительно различаться от наших, а подчас достигать такой чудовищно огромной разницы, что мы не можем составить об этих условиях ни малейшего представления.

*Н. Уранов*

Нам остается рассмотреть возможности существования жизни на различных астрономических объектах, прежде всего на планетах Солнечной системы. Если говорить о водно-углеродной жизни, то единственной пригодной для такой жизни планетой Солнечной системы считается Земля.

Меркурий обращается слишком близко к Солнцу, максимальная температура поверхности на его дневной стороне достигает почти 480 °С, а во время длинной меркурианской ночи падает до -170 °С. Может быть, где-то на границе дня и ночи в течение короткого периода времени на Меркурии достигаются удовлетворительные температурные условия, но на нем нет воды и отсутствует сколько-нибудь значительная атмосфера; в отсутствие последней Меркурий подвергается очень интенсивному ультрафиолетовому облучению от Солнца. Эти условия совершенно непригодны для земной жизни.

Расположенная за Меркурием Венера благодаря парниковому эффекту также имеет очень высокую температуру поверхности, около 460 °С, которая практически не меняется в течение суток. При такой температуре плавятся даже металлы: олово, свинец, цинк, и, конечно, никакие белковые соединения при таких условиях существовать не могут. Мощная атмосфера Венеры состоит в основном из углекислого газа (96 %), азота (3,5 %) и аргона, водяной пар содержится в совершенно ничтожном количестве (0,05 %); имеются также следы соляной кислоты, плавиковой кислоты, окиси углерода и двуокиси серы. Яркие облака, скрывающие от нас поверхность Венеры, состоят из капелек серной кислоты. Атмосферное давле-

ние на поверхности планеты в 90–100 раз выше, чем на Земле. Но на высоте 55 км над поверхностью Венеры давление составляет 800 миллибар (что почти равно давлению атмосферы у поверхности Земли), а температура 27 °С — вполне благоприятна для жизни. Заманчиво было бы рассмотреть возможность существования жизни в этом слое атмосферы. Основным препятствием для существования там жизни является очень низкая влажность и испарения серной кислоты из облаков. Впрочем, некоторые ученые полагают, что определенные виды земных организмов могли бы существовать в этих условиях, правда, в течение ограниченного времени. Если это так, то тем более допустимо предположить, что на Венере мог бы развиваться иной тип жизни (например, углеродной, но с использованием других растворителей). Однако никакими конкретными данными в этом отношении мы не располагаем.

Более благоприятны, хотя и достаточно суровы, условия жизни на Марсе. В экваториальных областях Марса температура днем иногда поднимается до 10 °С, а перед рассветом падает до –90 °С. Такие колебания температуры нельзя считать совершенно неприемлемыми даже для земных организмов, а учитывая приспособляемость жизни, можно было бы допустить, что на Марсе развились формы жизни, адаптировавшиеся к подобным условиям. Основным препятствием для существования жизни на Марсе опять-таки является отсутствие жидкой воды. Но в отличие от Венеры, где из-за высокой температуры вся вода, находившаяся в форме пара, диссоциировала в верхней атмосфере под действием ультрафиолетового излучения Солнца на кислород и водород, причем последний улетучился в межпланетное пространство, — на Марсе вода, по-видимому, сохранилась в твердой фазе в виде вечной мерзлоты под поверхностью планеты<sup>234</sup>. Кроме того, часть воды в виде льда присутствует в полярных шапках. В основном они состоят из замерзшей углекислоты, но когда летом температура в полярных шапках повышается, сухой лед испаряется, и остается небольшая шапка, состоящая только из водяного льда. Осенью замерзшая углекислота покрывает его, и так из года в год. Значит, вода на Марсе все-таки есть, но она не может существовать там в жидкой фазе из-за крайне низкого атмосферного давления, составляющего около 6 мбар. В прошлом давле-

---

<sup>234</sup> Данные, полученные с помощью американского орбитального аппарата «Марс Глобал Сервейер», позволяют заключить о наличии в некоторых местах грунтовых вод, сохраняющих жидкое состояние при температуре –60 °С благодаря их исключительной солености (*Malin M. C., Edgett K. S. // Science. 2000. V. 288. P. 2330*).

ние могло быть выше либо вследствие повышенной вулканической активности, либо вследствие изменения климата (возможно, обе причины взаимосвязаны). Потепление климата должно привести к таянию полярных шапок и переходу углекислоты из твердого состояния в газообразное. Расчеты показывают, что, если бы вся углекислота, имеющаяся на поверхности Марса, перешла в газообразное состояние, то атмосферное давление поднялось бы почти до уровня земного. При таком давлении на Марсе вода вполне могла бы существовать в жидкой фазе. Реален ли подобный сценарий? Фотографии Марса, снятые с космических аппаратов, показали наличие извилистых долин, очень напоминающих русла высохших рек. Значит, когда-то в прошлом на Марсе текли реки, была жидкая вода, следовательно, и давление, и температура были выше. В таких условиях на Марсе могла возникнуть жизнь типа земной, затем условия изменились и сейчас они неблагоприятны для жизни.

Что могло послужить причиной изменения климата? Одна из возможных причин — изменение наклона оси вращения Марса к плоскости его орбиты. Однако изменение наклона происходит с периодом в миллионы лет, а возраст предполагаемых речных русел, по-видимому, составляет сотни миллионов или даже миллиарды лет; значит, причина в чем-то другом — в чем именно, мы пока не знаем.

Попытки экспериментально обнаружить присутствие жизни на Марсе с помощью спускаемых аппаратов «Викинг», совершивших посадку на поверхности Марса в 1976 г., дали отрицательный результат. Однако вопреки распространенному мнению, этот результат не столь однозначен. Прежде всего надо иметь в виду, что искали не какую-то жизнь вообще, а единственно известную нам и достаточно хорошо изученную форму жизни, построенную на основе углеродных соединений. Далее, драматизм ситуации состоит в том, что из трех запланированных биологических экспериментов сначала все дали четкий положительный эффект — именно тот, который ожидался в случае присутствия в марсианском грунте живых микроорганизмов<sup>235</sup>. И лишь после того, как химический анализ марсианского грунта показал полное отсутствие в нем каких-либо органических веществ, результаты биологических экспериментов были пересмотрены, и ученые пришли к выводу, что они могут быть

---

<sup>235</sup> Подробнее об этом можно прочитать в книге Д. Голдсмита и Т. Оуэна «Поиски жизни во Вселенной», гл. 15. Есть ли жизнь на Марсе? С. 323–341.

объяснены химическими реакциями небιологического происхождения. Наконец, большую дискуссию вызвал вопрос о местах посадки — насколько адекватно они были выбраны. Пункты посадки отделены друг от друга на 7000 км. Идентичность результатов анализа грунта в обоих пунктах показывает, что они представляют собой типичные области, достаточно хорошо характеризующие поверхность планеты в целом. Но, быть может, жизнь на Марсе не распределена равномерно по всей поверхности, а сосредоточена в отдельных «оазисах». Так, северный полюс Марса имеет постоянную полярную шапку из водяного льда. На границе этой шапки летом, когда начинает таять лед, возникают благоприятные условия для жизни. Могут быть и другие «оазисы», например, области с повышенной вулканической активностью. Поиск таких «оазисов» планируется при будущих посадках на поверхность Марса самоходных устройств («марсоходов»).

Скорее всего, жизнь на Марсе в настоящее время отсутствует, но она, по всей видимости, была там в прошлом и, не исключено, что может вновь появиться в будущем, когда условия станут более благоприятными. Причем в данном случае речь идет о форме жизни если не идентичной, то, во всяком случае, близкой к земной. Если это так, то можно сказать, что Марс сейчас переживает период обскурации — промежуточного состояния между двумя фазами активной жизни. Как долго продлится этот период, мы не знаем. Для проверки этих представлений очень важно провести поиск ископаемых микроорганизмов в древнейших осадочных породах Марса, особенно на береговых откосах и дне высохших марсианских рек — подобно тому, как мы делаем это на Земле в поисках ископаемых земных микроорганизмов. Такие поиски планируется провести в будущем с помощью «марсохода».

Однако неожиданно данные о наличии ископаемых микроорганизмов на Марсе были получены совсем другим путем — на Земле!<sup>236</sup> В 1984 г. в Антарктиде был обнаружен метеорит ALN 84001. Он принадлежит к редкой группе SNC, которая насчитывает всего около 12 образцов. Первые метеориты этой группы были обнаружены еще в начале XIX века. Долгое время их природа оставалась неизвестной, пока в 1980 г. в результате исследования изотопного состава газа в этих метеоритах не было обнаружено, что он соответствует изотопному составу газа в атмосфере Марса. Так было уста-

<sup>236</sup> Новое о жизни на Марсе // Земля и Вселенная. 1977. № 1. С. 50–58.

новлено *марсианское происхождение* этих загадочных метеоритов. Каким образом они попали на Землю? Считается, что когда-то они составляли часть марсианской литосферы и затем были выброшены с поверхности планеты под действием метеоритной бомбардировки. При ударе метеоритов о поверхность планеты образуется большое количество осколков, которые с большой скоростью разлетаются в разные стороны.

Тонкая марсианская атмосфера не в состоянии существенно затормозить их. Часть осколков приобретают космическую скорость и выходят в межпланетное пространство. После долго блуждания в нем некоторые из этих осколков попадают в поле тяготения Земли и захватываются ею. Таким же путем попадают на Землю и метеориты с Луны.

Порода, из которой сложен метеорит ALH 84001, сформировалась около 4,5 млрд лет тому назад. Около 16 млн лет назад кусок этой породы под действием мощного удара был выброшен с поверхности Марса и около 13 тысяч лет назад выпал на льды Антарктиды в районе Алан Хилс, где и был найден в 1984 г.

Спустя 12 лет, в 1996 г., группа ученых под руководством Д. Мак Кея из Исследовательского центра им. Джонсона (НАСА) обнаружила в метеорите присутствие микроокаменелостей древних бактерий неземного происхождения. Были найдены также органические молекулы, которые могут иметь марсианское происхождение, и минеральные образования, которые можно рассматривать как продукты биологической активности марсианских микроорганизмов. В пользу марсианского происхождения этих образований говорит то обстоятельство, что концентрация их увеличивается с погружением в глубь метеорита. Возраст образований около 3,6 млрд лет хорошо согласуется с тем периодом, когда, согласно теоретическим оценкам, климат Марса был благоприятен для жизни. Вопрос нельзя считать окончательно решенным. Но несомненно, сделан важный шаг на пути исследования марсианской жизни.

Условия на планетах-гигантах, в силу их удаленности от Солнца, могут показаться слишком суровыми, но фактически они более благоприятны для жизни, чем Венера. Возьмем, к примеру, Юпитер. Его атмосфера по своему составу является сильно восстановительной, она соответствует модели Юри, которую он принимал для первичной атмосферы Земли. Как мы видели, в такой атмосфере под действием электрических разрядов синтезируются органические соединения. Наблюдаемые на Юпитере очень сильные вспышки

радиоизлучения на волнах декаметрового диапазона (15–20 м) дают основание полагать, что в его атмосфере происходят мощные грозовые разряды. Другим стимулятором для образования органических соединений может служить УФ-излучение Солнца и довольно мощный поток тепла, выделяемого из недр планеты.

Атмосфера Юпитера охвачена бурными конвективными потоками, поэтому образующиеся в верхней атмосфере органические молекулы, захватываемые этими потоками, опускаются на значительную глубину под видимую поверхность атмосферы, образуемую ее облачным слоем. Температура атмосферы возрастает с глубиной, выше облачного слоя она составляет минус 130 °С – минус 140 °С, в то время как температура нижней атмосферы достигает +700 °С. Между этими уровнями существует промежуточный слой, где температура составляет 27 °С, а давление всего в несколько раз превышает атмосферное давление у поверхности Земли<sup>237</sup>. Как раз в этой области происходит конденсация водяного пара, таким образом появляются условия для возникновения водно-углеродной жизни. (Выше в атмосфере место водяного пара занимает аммиак; таким образом, на Юпитере могли бы возникнуть и существовать две формы жизни: водно-углеродная и «аммиачная».) Трудность состоит в том, что из-за конвекции органические молекулы не долго находятся в благоприятном слое атмосферы; проникая в более глубокие слои, они разрушаются под действием высокой температуры. В этом отношении особый интерес представляет знаменитое красное пятно на Юпитере. Предполагается, что этот гигантский вихрь, по размерам превосходящий Землю, представляет собой долгоживущий восходящий поток. В таком потоке частицы подходящего размера могут оставаться во взвешенном состоянии в течение десятилетий. Это могло бы уберечь образующиеся органические молекулы от разрушения в нижних слоях атмосферы.

Существуют ли в действительности органические соединения на Юпитере? Точного ответа на этот вопрос пока нет. Косвенным указанием на наличие таких соединений служит окраска юпитерианских облаков. В экспериментах по лабораторному моделированию атмосферы Юпитера (как и в классических опытах Миллера–Юри) различные окрашенные соединения получаются при освещении подходящей смеси аммиака и метана ультрафиолетовым излучением.

<sup>237</sup> *Голдсмит Д., Оуэн Т.* Поиски жизни во Вселенной. — М.: Мир, 1983. С. 346.



ем или при подводе энергии от других источников. Но при этом неизменно синтезируется и богатый набор органических соединений. Интересно, что наиболее интенсивной окраской отличается как раз Красное пятно. Впрочем, существуют и другие объяснения цвета облаков, не связанные с синтезом органических соединений.

В отличие от Юпитера, облака Сатурна не имеют окраски, они более холодны и в основном состоят, так же как и у Юпитера, из аммиака, покрывающего нижнюю, более теплую, атмосферу. Подобно Юпитеру, Сатурн также имеет внутренний источник энергии. Внешние слои Урана и Нептуна еще более холодны, аммиак находится там в замерзшем состоянии, но и на этих планетах существуют области атмосферы, где температура поднимается выше 0 °С, это следует из измерений радиоизлучения, идущего из этих слоев. То есть и там имеются области с относительно благоприятными условиями, где, возможно, могли бы зародиться какие-то формы жизни. Неудивительно поэтому, что некоторые ученые обращают внимание на возможность существования жизни на этих планетах, прежде всего на Уране<sup>238</sup>.

Как справедливо отмечает К. Саган, поскольку нам неизвестно, каким образом возникла жизнь на Земле, мы тем более не можем точно определить условия ее зарождения на столь сильно отличных от Земли планетах, как Юпитер или другие планеты-гиганты. С другой стороны, как только где-то зарождается жизнь, живые организмы сами начинают активно регулировать среду своего обитания. Поэтому, в принципе, мы можем вообразить себе огромные «воздушные существа», парящие в атмосфере планет-гигантов, где в определенных слоях создается благоприятная экологическая ниша для их обитания. Разумеется, никакими доказательствами существования таких «воздушных существ» мы не располагаем, но и определенно отрицать эту возможность тоже не можем.

Если условия на планетах Солнечной системы, кроме Земли, представляются нам мало благоприятными для жизни, то, казалось бы, тем более это относится к спутникам планет, большинство из которых столь малы, что не в состоянии даже удержать собственную атмосферу и потому не обладают ею. Однако в семействе спутников имеются исключения. Это прежде всего спутник Сатурна Титан, а также спутник Юпитера Европа.

---

<sup>238</sup> Бочкарев Н. Г. Уран — наиболее перспективная планета для поиска внеземной жизни? // Астрон. циркуляр. 1987. № 1496. С. 6–8.

Титан по размеру несколько уступает юпитерианскому Ганимеду (самому крупному спутнику в Солнечной системе), но, так же как и последний, превосходит Меркурий. Особый интерес представляет то обстоятельство, что Титан имеет мощную атмосферу. У поверхности Титана давление в 1,6 раза больше, чем у поверхности Земли, а плотность атмосферы в 8 раз превышает плотность земной атмосферы. Благодаря малой массе Титана водород улетучился из его атмосферы, но она все же сохраняет восстановительный характер, подобно атмосфере первобытной Земли. В основном атмосфера Титана состоит из азота (95 %), имеется также метан и в небольшом количестве другие газы. Красноватая окраска Титана обусловлена фотохимическим смогом, который активно поглощает солнечный свет, благодаря чему температура атмосферы в области смога повышается до  $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; температура поверхности значительно ниже:  $-180\text{ }^{\circ}\text{C}$ . При такой температуре метан на поверхности может находиться в жидкой фазе (как вода на Земле), в то время как в атмосфере он присутствует в газообразном состоянии. Как показали исследования, проведенные с помощью космического аппарата «Вояджер-1», фотохимический смог на Титане состоит из органических соединений! В его состав входят: метан, этан, пропан, ацетилен, метилацетилен и цианистый водород. Особенно существенно наличие цианистого водорода, ибо он, как мы видели (п. 4.2.3), является важным промежуточным звеном в синтезе сложных органических соединений. Содержащий органические вещества смог постепенно оседает на поверхность, в резервуары жидкого метана, где могут накапливаться органические молекулы. Как отмечают Голдсмит и Оуэн, возможно, на ранних стадиях эволюции на Титане (как и на Марсе) было значительно теплее, и на его поверхности мог существовать не только жидкий метан, но и жидкий аммиак. В аммиачных водоемах могли происходить разнообразные химические реакции и образовываться более сложные органические соединения. Если этот процесс имел место, то образовавшиеся в те далекие времена органические соединения должны были бы хорошо сохраниться в этом холодном ледяном мире; было бы важно попытаться обнаружить их присутствие.

Но органические молекулы — это еще не жизнь. Может ли существовать жизнь на Титане? Если она там существует, то она, конечно, отличается от земной жизни, ибо на Титане нет жидкой воды и нет свободного кислорода. При температуре  $-180\text{ }^{\circ}\text{C}$  все химические реакции идут очень медленно. Поэтому главной характерной осо-

бенностью такой жизни были бы крайне замедленные жизненные процессы. Существа, обитающие там, вынуждены были бы вести трудную жизнь в условиях ужасающего холода, при крайней скованности своих жизненных отправлениях. Конечно, творческие возможности такой жизни были бы сильно ограничены.

Еще один спутник, который привлекает ученых с точки зрения возможности существования на нем жизни, это Европа — один из 4 спутников Юпитера, обнаруженных еще Галилеем. Размер Европы около 3000 км; средняя плотность составляет  $2,97 \text{ г/см}^3$ . Это указывает на то, что спутник в основном состоит из силикатных пород. Но его яркая блестящая поверхность, покрытая сетью темных трещин, образована водяным льдом. В начале 1990-х годов группа исследователей из Университета им. Дж. Хопкинса (США) под руководством Д. Холла обнаружила с помощью Космического телескопа «Хаббл» кислородную (!) атмосферу на Европе. Помимо Титана, из спутников планет более слабую атмосферу имеет еще Тритон, спутник Нептуна, и, наконец, совсем слабые следы атмосферы ранее были обнаружены у спутника Юпитера Ио и у нашей Луны. Таким образом, Европа стала пятым спутником в Солнечной системе, у которых имеется атмосфера. Плотность ее очень мала, давление атмосферы у поверхности Европы в 100 млрд раз меньше, чем давление земной атмосферы, но все же оно в 10 раз превышает давление атмосферы у поверхности Луны. Однако самое удивительное состоит в том, что атмосфера Европы содержит кислород. Это единственный спутник в Солнечной системе, имеющий кислородную атмосферу. А из планет кислородную атмосферу имеет только Земля. Почему это так важно?

Проблема состоит в том, что кислород не может долго находиться в свободном состоянии, он активно вступает в реакции с углеродо-содержащими газами, образуя двуокись углерода. Следовательно, на Европе, как и на Земле, должен существовать *постоянный источник кислорода*. На Земле таким источником является жизнедеятельность зеленых растений, вырабатывающих кислород в процессе фотосинтеза. А на Европе?

Ученые предполагают, что под поверхностью Европы, на глубине 100 км, имеется океан жидкой воды, поддерживаемый в незамерзающем состоянии за счет энергии приливов и радиоактивного распада. Заманчиво предположить, что в океане обитают какие-то формы жизни, вырабатывающие кислород, который через трещины в ледяной поверхности поступает в атмосферу. Нечто подобное име-

ет место в антарктических озерах. Однако достаточен ли световой поток от Солнца, достигающий Европы, чтобы обеспечить процесс фотосинтеза — это пока не ясно. С другой стороны, кислород может образовываться и без помощи зеленых растений — в процессе сублимации льда, т. е. образования водяного пара с последующей диссоциацией (распадом) молекулы  $H_2O$  на водород и кислород. Можно ли установить, какой из процессов имеет место на самом деле? В принципе, это возможно, ибо изотопный состав кислорода, образуемого в этих процессах, различен, но такие исследования сопряжены с большими трудностями. Конечно, со временем они будут выполнены.

Возможно, на Европе нет жизни. Но если подповерхностный океан там действительно существует, то он может представлять собой потенциальный резервуар для пребиотической химии, что очень важно для изучения процесса происхождения жизни.

Еще одно важное открытие было сделано в 1990-х годах учеными из Палеонтологического института РАН — найдены следы микроорганизмов в метеоритах. При этом обнаружено морфологическое единство земных микроорганизмов (как современных, так и ископаемых) с микроорганизмами, найденными в метеоритах. По мнению одного из участников открытия, чл.-корр. РАН А. Ю. Розанова, можно сделать вывод, что жизнь на Земле не уникальна; в некоторых областях Вселенной она возникла раньше, чем на Земле, и могла быть занесена на Землю из Космоса; в тех или иных формах она может существовать и сейчас на других планетах Солнечной системы.

Если речь идет о простейших формах жизни, надо иметь в виду, что приспособительные возможности ее поразительны. На Земле простейшая жизнь обнаруживается в условиях очень низких и очень высоких температур, при наличии агрессивной химической среды; микроорганизмы живут в горячих источниках и в вечной мерзлоте. На многокилометровой глубине они обитают без воздуха и без солнечного света, извлекая все необходимое из окружающего вещества и используя внутреннее тепло Земли в качестве источника энергии. Может быть, это какие-то тупиковые формы жизни, не способные к дальнейшей эволюции. Но важно, что они сохраняются при подобных «неблагоприятных», с нашей точки зрения, условиях. А попав в более благоприятные — кто знает? — возможно, могут дать начало новой эволюции.

Анализируя возможности жизни на планетах Солнечной системы, мы все время имели в виду земную жизнь, ориентировались на нее, иногда позволяя себе отступление от этого «стандарта» (но не выходя за пределы молекулярной жизни). Насколько справедливы такие ограничения? Все дело в том, что мы просто ничего не знаем о других формах жизни и поэтому, стремясь сохранить твердую почву под ногами, ориентируемся на земную жизнь. Надо сказать, что наши предшественники в этом отношении чувствовали себя более свободно. Мы уже отмечали выше (см. § 4.1), что в прошлом веке господствовало убеждение не только в существовании жизни на других планетных системах, но и в обитаемости планет нашей Солнечной системы. Между тем, физические условия на планетах в первом приближении были уже в то время известны и было ясно, что они не благоприятны для земной жизни. Понимая это, ученые полагали, что на других планетах жизнь должна приспособиться к условиям своего мира. «Живые существа, — писал Фламарион, — с самого начала как по форме, так и по своей организации, были строго приспособлены к физиологическим условиям обитаемых миров и находились в тесных взаимоотношениях с ними. Люди, населяющие другие миры, отличаются от обитателей Земли как по своей внутренней организации, так и по своему наружному, физическому строению»<sup>239</sup>. Ту же мысль подчеркивал и П. Лаплас. «Человек, созданный для земной температуры, — писал он, — судя по всем признакам, не мог бы жить на другой планете. Но разве нельзя допустить, что есть бесчисленные количества существ, приспособленных к различным температурам небесных тел?»<sup>240</sup> По-видимому, и Лаплас, и Фламарион допускали существование иных форм жизни, кроме земной, но они не высказывали никаких конкретных соображений о возможной природе внеземной жизни, если не считать замечания Фламариона о том, что «обитатели высших миров» обладают «более эфирной организацией»<sup>241</sup>. Это замечание перекликается с представлениями К. Э. Циолковского о формах жизни, построенных на основе более тонкой материи, и о лучистом человечестве, а также с идеями В. П. Казначеева о «полевой» жизни.

---

<sup>239</sup> Фламарион К. Жители звезд и многочисленность обитаемых миров. — М., 1909. С. 175.

<sup>140</sup> Там же. С. 37.

<sup>241</sup> Там же. С. 197.

Но если жизнь адаптируется к самым разнообразным условиям на планетах, то почему она не может приспособиться к условиям межпланетной или межзвездной среды? В этой связи представляет интерес гипотеза Ф. Хойла и Ч. Викрамасинга, согласно которой известная полоса поглощения в спектре галактических источников в области 3 мкм, которая, как считалось, вызывается частицами льда в межзвездной среде, на самом деле обусловлена поглощением света бактериями, находящимися в межзвездной среде. Основанием для такой гипотезы послужило гораздо лучшее совпадение наблюдаемого профиля полосы поглощения с профилем, обусловленным бактериями. Если это так, то значительная доля межзвездной пыли, до 80 %, состоит из бактерий. Хотя большинство специалистов относятся к этой гипотезе скептически, ее не следует сбрасывать со счета, во всяком случае она дает новую пищу для теории панспермии.

Более радикальный вопрос: могут ли существовать в межзвездной среде сложные формы жизни, вплоть до мыслящих существ? Фримен Дайсон, один из крупнейших современных физиков-теоретиков, вполне допускает такую возможность. Более того, он считает, что межзвездная среда создает даже лучшие условия для жизни. Эти идеи Дайсон развивает в статье «Будущее воли и будущее судьбы» (Природа. 1982. № 8. С. 60–70).

Обращаясь к истории, Дайсон останавливается на воззрениях И. Ньютона<sup>242</sup> о внеземной жизни и цитирует следующий отрывок из его неопубликованной при жизни рукописи: «Как все вокруг нас кишит живыми существами..., так и небеса над нами могут быть заполнены существами, чья природа нам непонятна. Кто глубоко задумается над странной и удивительной природой жизни и устройством животного мира, тот подумает, что нет ничего невозможного для природы, ничего слишком трудного для всемогущего Бога. И как планеты остаются на своих орбитах, так и любые другие тела могут существовать на любом расстоянии от Земли и, более того, могут быть существа, обладающие способностью передвижения в любом направлении по желанию и остановки в любой области небес, чтобы наслаждаться обществом себе подобных, а через своих вестников или ангелов управлять Землей и общаться с самыми отдаленными уголками. Так все небеса или любая их часть может оказаться жилищем для блаженных, а Земля, в то же время, будет в их власти. Иметь свободу и власть над всеми небесами и возможность выбора наилучших мест для заселения может быть гораздо более счастливым уда-

<sup>242</sup> Имеется в виду неопубликованная рукопись И. Ньютона, обнаруженная не так давно в библиотеке Еврейского университета в Иерусалиме (см. *Manuel F. The Religion of Isaac Newton.* — Oxford, 1974).

лом, чем привязанность к одному какому-то месту». Ньютон не решился опубликовать эти свои сокровенные мысли, он надежно спрятал рукопись, и лишь триста лет спустя она была обнаружена в библиотеке Еврейского университета в Иерусалиме. Осторожность Ньютона вполне понятна. Но, как подчеркивает Дайсон, в представлениях о возможности жизни в космическом пространстве, с научной точки зрения, нет ничего неприемлемого.

Чтобы адаптироваться к жизни в космическом пространстве, живые организмы должны приспособиться к существованию при трех нулях: *g*-нуле, *T*-нуле и *P*-нуле, т. е. в условиях нулевой гравитации, нулевой температуры и нулевого давления. Дайсон считает, что это вполне возможно. Более того, он полагает, что в связи с успехами генной инженерии можно подумать о соответствующей «переделке» земных существ так, чтобы они могли выжить в космическом пространстве. Что касается вопроса о том, каким образом могут быть устроены подобные организмы, Дайсон ссылается на работу К. Э. Циолковского «Грезы о земле и небе».

Эта книга была издана в 1895 г. в Москве издательством А. Н. Гончарова. В ней Циолковский впервые сформулировал идею о создании искусственного спутника Земли. Здесь же он рассмотрел возможности жизни на различных небесных телах и в межпланетной среде. Идея жизни в мире без тяжести особенно занимала Циолковского. А его представления о возможности жизни в межпланетной среде были интересны для Дайсона. (Помню, в начале 1960-х годов Дайсон написал Шкловскому с просьбой прислать ему эту книгу Циолковского. К тому времени она была переиздана<sup>243</sup>, так что просьбу Дайсона удалось выполнить.)

Как же представлял себе Циолковский живые существа, обитающие в космическом пространстве? По его представлениям, эти разумные, мыслящие существа являют собой симбиоз растительных и животных организмов, он назвал их животнo-растениями, а в более поздней работе — зоофитами. Кожа этих существ покрыта тонким и мягким стекловидным слоем, который хорошо пропускает солнечные лучи, но совершенно непроницаем для жидкостей и газов. Таким образом, зоофиты надежно защищены от воздействия космического вакуума (адаптация к *P*-нулю). Жизнедеятельность их осуществляется за счет солнечной энергии. Зоофиты имеют крыловидные придатки, содержащие хлорофилл, в которых под действием солнечного света осуществляется фотосинтез необходимых для них органических соединений. Весь организм зоофитов пронизан системой сосудов, наподобие нашей кровеносной системы, в которых циркулируют жидкости, доставляющие необходимые вещества в любое место их тела. Образующийся в процессе фотосинтеза кислород не выделяется наружу, а остается внутри организма и используется для дыхания. Так же и выделяющийся при дыхании углекислый газ поступает

---

<sup>243</sup> Циолковский К. Э. Грезы о земле и небе. На Весте. — М.: Изд-во АН СССР, 1959. 95 с.

к тем органам, где осуществляется фотосинтез. Таким образом, организм этих существ представляет собой систему замкнутого цикла. По существу, каждый такой организм выполняет функции биосферы, это система «Гоя» в миниатюре. Соответственно и время жизни таких организмов неопределенно велико (практическое бессмертие). Зоофиты могут свободно перемещаться в космическом пространстве в любом направлении. Разумеется, у нас нет никаких данных о существовании подобных организмов, но ничто не противоречит такой возможности. «Мир существует бесконечное время, и что он выработал в беспредельные десятиллионы лет, то не может представить себе никакое воображение. Сколько ни представляйте себе чудес, не перешеголяете мир — давно признанная истина»<sup>244</sup>.

Характеризуя эти идеи Циолковского, Дайсон пишет: «Циолковский вызвал к жизни новый мир космической биологии, в котором изобретенные им ракеты — лишь средство к достижению цели, для восстановления равновесия между живым и неживым в старом мире естественной космологии, — равновесия, которое было нарушено в тот момент, когда Ньютон отправил самую свою спекулятивную рукопись на чердак. Ньютон изгнал жизнь из космоса. Циолковский указал нам путь, чтобы вновь вернуть ее туда»<sup>245</sup>.

Следуя этому пути, Дайсон развил теорию жизни Вселенной (космическую экологию, как он ее называет). В количественной форме, с уравнениями и численными оценками, она была опубликована в журнале «Reviews of Modern Physics»<sup>246</sup>, основные идеи ее изложены в упомянутой статье «Будущее воли и будущее судьбы». Дайсон исходит из двух гипотез: гипотезы абстрактности и гипотезы адаптивности, которые в его теории играют ту же роль, что первое и второе начало в термодинамике. Гипотеза абстракции утверждает, что сущность жизни связана с организацией, а не с субстанцией. Поэтому конкретная субстанция жизни (водно-углеродная жизнь или иная) имеет второстепенное, частное значение. Можно представить себе, например, жизнь, независимую от плоти и крови и воплощенную в системах сверхпроводящих контуров или в системах межзвездных пылевых облаков. Гипотеза адаптивности утверждает, что при наличии достаточного времени жизнь может приспособиться к любой окружающей среде. Она может освоиться в любом уголке Вселенной, так же как освоилась повсюду на нашей Земле. Эти гипотезы принимаются в качестве постулатов. Главная

---

<sup>244</sup> Циолковский К. Э. Обзор моих трудов до 1931 года. Рукопись. Цит. по послесловию Б. Н. Воробьева к кн. «Грезы о земле и небе». — М.: 1959. С. 94.

<sup>245</sup> Дайсон Ф. Будущее воли и будущее судьбы // Природа. 1982. № 8. С. 68.

<sup>246</sup> Dyson F. // Rev. Mod. Phys. 1979. V. 51. P. 447.



теорема космической экологии Дайсона гласит, что скорость метаболизма в живом организме и, следовательно, расход энергии изменяется пропорционально квадрату температуры окружающей среды. Отсюда следует, что более холодная среда благоприятнее для жизни, чем горячая. Это связано с тем, что жизнь, в конечном итоге, есть упорядоченная форма вещества, а низкая температура способствует упорядоченности. Поскольку жизнь связана с функционированием управляющих систем, она не столько зависит от количества получаемой энергии, как обычно полагают, сколько от информации, т. е. отношения сигнал/шум. Чем холоднее среда, тем ниже уровень шума, тем экономнее жизнь расходует свою энергию. В этом смысле межзвездная среда наиболее благоприятна для жизни.

В открытой модели Вселенной расширение продолжается неограниченно долго, температура окружающей среды непрерывно падает и, соответственно, пропорционально  $T^2$  уменьшается скорость энергетического обмена. При этом условия для упорядоченности будут улучшаться. В такой Вселенной жизнь может существовать вечно. Конечно, по мере падения температуры пульс жизни будет биться все медленнее и медленнее, но он никогда не остановится.

В невообразимо далеком будущем, через  $10^{33}$  лет после начала расширения Вселенной, все вещество из-за распада протонов перейдет в электрон-позитронную плазму (см. п. 2.2.5). Это может вызвать кризисную ситуацию для жизни, но такая ситуация, по мнению Дайсона, не будет безнадежной. Если принцип абстрактности и адаптивности справедлив, то жизнь должна приспособиться к новым условиям. В конце концов, «невещественная» плазма, считает Дайсон, может столь же хорошо служить носителем структур мысли, как и известное нам вещество. (Ср. также замечание И. Д. Новикова, цитированное нами на с. 287.)

Дайсон обращает внимание на то, что развитие Вселенной с момента ее зарождения выглядит, как непрерывная последовательность нарушения симметрии. В момент возникновения в грандиозном взрыве Вселенная абсолютно симметрична и однородна, но по мере остывания в ней нарушается одна симметрия за другой и возникает все большее и большее разнообразие структур. Феномен жизни естественно вписывается в эту картину, ибо жизнь — это тоже нарушение симметрии. Нарушение симметрии приводит к росту многообразия. Развитие самой жизни сопровождается дальнейшей дифференциацией и ростом многообразия. «Я думаю, — пишет Дайсон, —

и нашей Вселенной, и жизни присуще то, что процесс увеличения многообразия не имеет конца».

Но это справедливо лишь для открытой модели. В закрытой Вселенной расширение на определенном этапе сменяется сжатием. На смену дифференциации приходит процесс интеграции, возвращение утраченной симметрии. Когда Вселенная сожмется в сингулярное состояние, она вновь обретет абсолютную симметрию и однородность. Никакие упорядоченные физические структуры в таком состоянии невозможны. Это будет означать огненную смерть для любой формы жизни, построенной из физической материи. И лишь более тонкие формы жизни, лежащие за пределами физического вакуума, смогут пережить эту катастрофу, аккумулируя накопленный опыт для нового цикла манифестации Вселенной.

Итак, природа и формы внеземной жизни, как и среда ее обитания, могут быть очень разнообразны. В плане SETI нас интересуют сообщества разумных существ, с которыми мы могли бы вступать в контакт. Чтобы оценить, насколько успешны могут быть наши поиски, надо иметь представление о распространенности подобных сообществ во Вселенной. К этому вопросу мы теперь и переходим.

### 4.3. Сколько цивилизаций во Вселенной?

Люди много теряют, ожидая исполнения лишь своими путями. Как они будут мыслить о дальних мирах? Придется изменить многие списки и таблицы.

«Знаки Агни Йоги»

Относительно распространенности космических цивилизаций среди ученых нет единого мнения. Существуют две противоположные точки зрения. Согласно одной из них, жизнь и разум — это обычные явления в Космосе, имеется множество обитаемых миров, с которыми человечество может попытаться вступить в контакт. Согласно другой точке зрения, жизнь, а тем более разум — крайне редкое, исключительное явление во Вселенной, так что наша цивилизация, возможно, представлена лишь в «единственном экземпляре».

Каковы аргументы в пользу широкой распространенности космических цивилизаций? В общих чертах они сводятся к следующему. В настоящее время астрономическими наблюдениями охвачена область пространства радиусом несколько миллиардов световых лет,

в которой находятся  $10^{10}$  галактик или  $10^{21}$  звезд. Все данные современной астрономии показывают, что в пределах наблюдаемой области Вселенной справедливы основные законы физики; повсюду наблюдается одинаковый в среднем химический состав. Наше Солнце — рядовая звезда в рядовой галактике. Нельзя указать ни одного существенного физико-химического параметра, который бы позволял выделить Солнечную систему среди множества звезд в наблюдаемой области Вселенной. Было бы крайне удивительно, если бы среди этого гигантского количества звезд<sup>247</sup> только около одной из них, ничем не примечательной звезды — нашего Солнца — могла возникнуть жизнь и развиваться разум. Эти аргументы, по сути, аналогичны тем, которые приводились и в прошлые века, начиная с глубокой древности (см. § 4.1). Дополнительно для обоснования этой точки зрения привлекаются такие соображения: 1) согласно современным космогоническим представлениям, возникновение звезд сопровождается возникновением планетных систем; 2) только в нашей Галактике (не говоря уже о всей видимой Вселенной) содержатся сотни миллиардов звезд, из которых около 10% подобны Солнцу, таким образом, имеются десятки миллиардов звезд, которые являются подходящими кандидатами на наличие у них планетных систем; на некоторых из этих планет могут возникать условия, благоприятные для зарождения жизни; 3) если заданы благоприятные условия и имеется достаточно времени, то на такой планете с неизбежностью должна возникнуть жизнь, первоначально, разумеется, в самых простейших формах; 4) как показывает опыт Земли, за несколько миллиардов лет жизнь становится достаточно сложной, и если не во всех, то в значительном числе случаев она должна подойти к развитию разума, культуры, цивилизации.

Сторонники уникальности нашей цивилизации обычно подчеркивают чрезвычайную сложность процесса происхождения жизни,

---

<sup>247</sup> Большие числа, как правило, не осознаются, мы теряем представление о реальном масштабе выражаемых ими величин еще на дальних подступах к этим величинам. Можно попытаться «ощутить» величину больших чисел с помощью сравнений. Как представить себе величину  $10^{21}$  звезд? Если бы мы попытались пересчитать все звезды, начав счет в момент рождения Земли, то при скорости счета 1 звезда в секунду к настоящему времени выполнили бы лишь 0,01 % работы. Применяв быстродействующий компьютер, мы могли бы не только сосчитать все звезды, но и напечатать полный каталог звезд. Если на каждую звезду в таком каталоге отвести по одной строчке (обозначение звезды, координаты и т.д.), то потребуются  $10^{16}$  увесистых томов (по 1000 стр. в каждом томе). Поставленные в ряд на одну полку, они протянулись бы на расстояние  $10^{15}$  см, или 100 а. е., т. е. далеко за пределы орбиты Плутона, к самым границам Солнечной системы.

необходимость совпадения целого ряда благоприятных обстоятельств, что является весьма мало вероятным. С этой точки зрения, происхождение жизни (не говоря уже о разуме) — чудо, так что нашей Земле просто «повезло». С другой стороны, приводятся аргументы, связанные с отсутствием во Вселенной «видимых следов» высокоразвитых цивилизаций.

Мы обсудим эти аргументы в следующих параграфах, а сейчас подчеркнем, что приведенные соображения, как «за» так и «против», носят качественный характер. Для проблемы SETI этого недостаточно. При планировании экспериментов, например, по обнаружению радиосигналов, надо знать, на какую дальность обнаружения мы можем рассчитывать. А для этого надо знать расстояние между цивилизациями. Обнаружение астроинженерной деятельности и возможности прямых контактов также зависят от расстояния между цивилизациями. Как определить это расстояние? Пусть  $N_*$  — полное число звезд в Галактике,  $d_*$  — среднее расстояние между ними,  $N_c$  — число цивилизаций в Галактике; тогда среднее расстояние  $d$  между цивилизациями равно

$$d = d_* (N_* / N_c)^{1/3}. \quad (4.1)$$

Таким образом, чтобы оценить расстояние между цивилизациями и вытекающую отсюда минимально необходимую дальность обнаружения, надо иметь хотя бы грубую *количественную* оценку числа цивилизаций. Это принципиальный момент: SETI требует перейти от чисто умозрительных рассуждений о множественности обитаемых миров к количественным оценкам числа внеземных цивилизаций.

Следует уточнить — какие цивилизации мы ищем. В плане SETI представляют интерес только те цивилизации, которые обладают хотя бы потенциальной способностью к контакту. Такие цивилизации мы будем называть *коммуникативными*. При этом контакт понимается здесь в широком смысле: это не обязательно обмен радиосигналами, но и, например, обнаружение ВЦ по ее астроинженерной деятельности. Поэтому цивилизация, не посылающая никаких сигналов, но активно занимающаяся астроинженерией, также относится к числу коммуникативных. Разумеется, после возникновения коммуникативной цивилизации она не сразу приобретет способность к контакту, для этого требуется пройти определенный период развития. А приобретя такую способность, она утрачивает ее со временем. Это может произойти вследствие гибели цивилизации, потери интереса к передаче сигналов, прекращения астроин-

женерной деятельности или по каким-либо другим причинам. Время, в течение которого сохраняется способность к контакту, назовем *коммуникативной фазой*. Нас будут интересовать цивилизации, находящиеся в данный момент<sup>248</sup> (одновременно с нами) в коммуникативной фазе. Определим число таких цивилизаций.

**4.3.1. Формула Дрейка.** Одна из первых формул для подсчета числа цивилизаций была предложена в начале 1960-х годов Дрейком:

$$N_c(T) = R_* f_s L . \quad (4.2)$$

В этой формуле  $N_c(T)$  — число цивилизаций, существующих в Галактике в момент  $T$  (время  $T$  отсчитывается от образования Галактики);  $R_*$  — средняя скорость звездообразования: число звезд, возникающих в Галактике в единицу времени;  $f_s$  — фактор выборки, представляющий собой долю из числа звезд, образующихся за время от 0 до  $T$ , у которых развиваются коммуникативные цивилизации;  $L$  — среднее время жизни коммуникативных цивилизаций. Произведение  $R_* f_s$  дает скорость образования коммуникативных цивилизаций. Если теперь умножить эту величину на  $L$ , то получим число коммуникативных цивилизаций, одновременно существующих в момент  $T$ . Чтобы получить число цивилизаций, находящихся в момент  $T$  в коммуникативной фазе, надо ту же величину  $R_* f_s$  умножить на среднюю длительность коммуникативной фазы  $\tau_c$ . В формуле Дрейка используется среднее время жизни  $L$ , но при этом неявно предполагается, что длительность коммуникативной фазы равна времени жизни цивилизаций. Это не совсем точно; тем не менее, мы будем использовать формулу Дрейка (4.2), но будем помнить, что под временем жизни коммуникативной цивилизации следует понимать, именно, длительность коммуникативной фазы. Тогда  $N_c(T)$  дает число коммуникативных цивилизаций, находящихся одновременно с нами в коммуникативной фазе.

Так как средняя скорость звездообразования  $R_* = N_* / T$ , то формулу (4.2) можно записать в виде

$$N_c(T) = N_* f_s L / T . \quad (4.3)$$

<sup>248</sup> В данный момент, разумеется, с учетом запаздывания сигнала: когда мы принимаем сигнал, цивилизация может уже не существовать, но она должна была находиться в коммуникативной фазе, когда отправляла сигнал, принятый нами сегодня.

Произведение  $N_* f_s$  определяет число коммуникативных цивилизаций, возникающих в Галактике за время от 0 до  $T$ , а величина  $L/T$  представляет собой вероятность того, что любая наугад взятая из этих цивилизаций находится в момент  $T$  в коммуникативной фазе.

Выражение (4.3) позволяет получить долю цивилизаций по отношению к звездам и, следовательно, оценить среднее расстояние между цивилизациями:

$$d = d_*(f_s L / T)^{-1/3}. \quad (4.4)$$

Фактор  $f_s$ , согласно Сагану, можно представить в виде

$$f_s = f_p n_e P_L P_i P_c; \quad (4.5)$$

здесь  $f_p$  — доля звезд, имеющих планетные системы,  $n_e$  — среднее число планет в планетной системе с благоприятными для возникновения жизни условиями,  $P_L$  — вероятность происхождения жизни на планете с подходящими условиями,  $P_i$  — вероятность происхождения разума на обитаемой планете,  $P_c$  — вероятность возникновения коммуникативной цивилизации на планете, населенной разумными существами.

С учетом этого выражения для  $f_s$  формулы (4.2) и (4.3) принимают вид

$$N_c(T) = R_* f_p n_e P_L P_i P_c L; \quad (4.2a)$$

$$N_c(T) = N_* f_p n_e P_L P_i P_c L / T. \quad (4.3a)$$

Произведение  $N_* f_p n_e$  — представляет число планет с благоприятными для жизни условиями, образующихся в Галактике за время от 0 до  $T$ , а  $R_* f_p n_e$  — скорость образования таких планет. Вероятности  $P_L$ ,  $P_i$ ,  $P_c$  можно трактовать следующим образом.  $P_L$  определяется отношением числа обитаемых планет, образующихся за время от 0 до  $T$ , к числу планет с подходящими условиями, образующихся за то же время;  $P_i$  — доля планет, населенных разумными существами, по отношению к обитаемым планетам,  $P_c$  — отношение числа коммуникативных цивилизаций, образующихся за время от 0 до  $T$ , к числу планет, населенных разумными существами, образующихся за то же время. При этом, поскольку речь идет о вероятности реализации определенного *процесса* (процесса химической, биологической и социальной эволюции), вероятность его реализации должна зависеть от времени. Поэтому надо говорить не просто о вероятности происхождения жизни, возникновения разумных форм жизни и т. д.,

но о вероятности происхождения за *определенное время* (более подробно мы рассмотрим этот вопрос ниже).

Помимо формулы Дрейка, различными авторами были предложены иные формулы для подсчета числа цивилизаций. Но процедура подсчета, в общем, остается неизменной. Она сводится к следующему. Определим тем или иным способом число подходящих мест, на которых могут возникать коммуникативные цивилизации, отберем из них те, на которых цивилизации действительно возникают, и умножим полученное число на вероятность застать цивилизацию в данный момент в коммуникативной фазе. Соответственно, общая формула для подсчета числа цивилизаций будет иметь вид

$$N_c(T) = N_0 F q ; \quad (4.6)$$

$N_0$  — число подходящих мест (существующих в момент  $T$  либо образующихся за время от 0 до  $T$ ),  $F$  — фактор выборки, учитывающий то обстоятельство, что не в каждом подходящем месте возникает коммуникативная цивилизация,  $q$  — вероятность того, что любая из наугад взятых коммуникативных цивилизаций находится в момент  $T$  в коммуникативной фазе. Применяя разные способы выборки и различные выражения для вероятности, получают разные модификации формулы (4.6). Сводка основных модификаций содержится в нашей статье<sup>249</sup>. Отметим, что в формуле (4.6) отбор осуществляется по отношению к числу подходящих мест. В формуле Дрейка он ведется по отношению к общему числу звезд. Если же вести его по отношению к числу подходящих мест (каковыми в формуле Дрейка являются планеты с подходящими условиями), то фактор выборки  $F$  будет определяться произведением вероятностей  $F = P_L P_i P_c$ .

Описанную процедуру можно применить к любой ограниченной области Вселенной. В большинстве случаев она рассматривается применительно к Галактике. Что касается подходящих мест, то хотя при обсуждении этого вопроса рассматривались различные возможности: возникновение жизни на кометах, остывших звездах и в межзвездной среде, обычно при подсчетах числа цивилизаций (как и в формуле Дрейка) в качестве подходящих мест имеются в виду лишь планеты с благоприятными для возникновения жизни условиями. В этом случае  $N_0 = N_* f_p n_e$ .

---

<sup>249</sup> Гиндилис Л. М. К методике оценки числа цивилизаций в Галактике / Проблема поиска внеземных цивилизаций. — М.: Наука, 1981. С. 126–148.

Использование в качестве подходящих мест для возникновения коммуникативных цивилизаций только планет с благоприятными для возникновения жизни условиями означает, конечно, определенное ограничение возможностей, определенную уступку «планетному шовинизму», ибо при этом исключаются разнообразные не планетные формы жизни, рассмотренные нами в пунктах 4.2.4 и 4.2.5. Однако такое ограничение, по-видимому, неизбежно, ибо иначе нам грозит опасность сойти с позиций более или менее твердо установленных фактов и знаний и устремиться в лоно ничем не ограниченных спекуляций. Просто надо иметь в виду, что оценки, полученные на основе приведенных формул, в силу отмеченных ограничений, дают только нижнюю границу числа коммуникативных цивилизаций. С учетом не планетных форм жизни они могут быть значительно увеличены.

Надо сказать, что при количественных подсчетах те или иные допущения неизбежны: это как раз та цена, которую приходится платить за отказ от умозрительных качественных рассуждений. Строго говоря, разделение процесса происхождения коммуникативной цивилизации на три этапа: жизнь → разум → цивилизация, при всей кажущейся очевидности такого подхода, тоже является определенным ограничением<sup>250</sup>, тоже представляет собой известную дань «антропоморфизму», ибо следует тому пути, каким этот процесс прошел на Земле.

Впрочем, не будем преувеличивать степень «антропоморфизма», с которым мы сталкиваемся при использовании формулы Дрейка. В отличие от некоторых более поздних «усовершенствований», где с излишней детализацией выписываются многочисленные множители, учитывающие факторы, оказавшие влияние на происхождение жизни на Земле и ход ее эволюции, увенчавшейся появлением современного технологического общества, — в формуле Дрейка учитываются только самые важные факторы: происхождение жизни, не обязательно полностью похожей на нашу; происхождение разума, не обязательно точно такого, как наш; происхождение технологии, не обязательно повторяющей наш путь. Вместе с тем эта формула позволяет очертить область необходимых исследований: первые два множителя ( $R_*$  и  $f_p$ ) относятся к компетенции астрономии, третий  $n_e$  — к компетенции астрономии и биологии;  $P_L$  — это область пред-

---

<sup>250</sup> Так как при этом исключаются, например, процессы типа: цивилизация → цивилизация, обусловленные колонизацией далеких планет или созданием искусственных разумных существ.



биологической химии;  $P_i$  — область эволюционной биологии;  $P_c$  и  $L$  относятся к компетенции социальных наук. Одним словом, несмотря на неизбежно присущую ей ограниченность, формула Дрейка представляет собой удобный и полезный для анализа инструмент.

**4.3.2. Оценка факторов, входящих в формулу Дрейка.** Из всех факторов, входящих в формулу Дрейка, на основе современных данных, можно, более или менее точно, оценить только астрономические величины:  $N_*$ ,  $T$  и  $R_*$ . С точностью до коэффициента 2 они равны:

$$N_* = 2 \cdot 10^{11} \text{ звезд}, \quad T = 10^{10} \text{ лет}, \quad R_* = 20 \text{ зв./год.} \quad (4.7)$$

Оценка остальных факторов менее определенная.

**Фактор  $f_p$ ,** по-видимому, близок к единице. Это следует из современных представлений о формировании планетных систем в едином процессе со звездообразованием. В п. 2.1.3 мы отмечали, что у звезд спектральных классов более поздних, чем F5, на определенном этапе эволюции формируется протопланетный диск, которому передается основная доля вращательного момента протозвезды. Из этих представлений, подтверждаемых наблюдаемым распределением скоростей вращения звезд различных спектральных классов, следует, что все звезды спектральных классов от F5 до M имеют планетные системы. А так как эти звезды составляют подавляющее большинство (более 99 %) всех звезд Галактики, то можно положить  $f_p \approx 1$ .

Дополнительным аргументом в пользу такой оценки является широкая распространенность двойных и кратных систем среди звезд. В п. 2.1.2 мы видели, что от 50 до 70 % звезд представляют собой системы той или иной степени кратности. А по некоторым данным, с учетом звезд малой массы, доля кратных систем может возрасти до 90 %. Среди компонентов этих систем встречаются и массивные горячие гиганты, и обычные звезды, и белые карлики, и нейтронные звезды, и «черные дыры». Встречаются среди них и темные спутники, представляющие собой промежуточные тела между планетами и звездами. Но коль скоро это так, то естественно допустить, что существуют и такие системы, в которых меньшие компоненты уже настолько малы, что достигают планетных размеров. В этом смысле одиночные звезды с планетными системами можно рассматривать как предельный случай кратных систем с очень ма-

лыми массами компонент. С другой стороны, как мы видели, и в самих кратных системах могут существовать планеты, обращающиеся сразу вокруг обеих звезд, в случае тесных пар, или вокруг каждого из компонент кратной системы, в случае достаточно широких систем. Наконец, наличие богатых семейств спутников у больших планет нашей Солнечной системы тоже говорит о том, что процессы фрагментации при образовании небесных тел, по-видимому, достаточно типичны и должны приводить к образованию планетных систем у звезд.

Но все это качественные соображения. В последние годы они получили наблюдательное подтверждение, когда с помощью инфракрасных наблюдений (главным образом, на спутнике «ИРАС») вокруг многих звезд были обнаружены пылевые оболочки, часть из которых представляют собой формирующиеся протопланетные диски.

Разумеется, наибольший интерес представляет непосредственное обнаружение уже сформировавшихся планетных систем у других звезд. Эта проблема давно привлекает внимание астрономов. До самого последнего времени она казалась практически неразрешимой. Было предложено немало остроумных методов обнаружения планет у других звезд, однако достигнутой точности измерения было недостаточно, чтобы реализовать их на практике. Прорыв был достигнут в 90-х годах XX века, и это сразу привело к обнаружению планет у большого числа звезд.

Отметим, что непосредственно наблюдать планеты даже у самых близких к нам звезд с помощью современных телескопов практически невозможно. Это связано не только с очень малым световым потоком (световой поток от Венеры приблизительно в миллиард раз меньше светового потока от Солнца), но и с тем, что планета расположена от нас почти точно в том же направлении, что и ее звезда. При таких условиях слабое излучение планеты будет теряться в ослепительных лучах ее собственной звезды. Чтобы «убрать» излучение звезды, можно использовать «звездный коронограф», в котором излучение звезды экранируется аналогично тому, как это делается в солнечных коронографах, позволяющих наблюдать солнечную корону вне затмения. Правда, надо иметь в виду, что соотношение яркостей солнце/корона на много порядков ниже (благоприятнее для наблюдения), чем соотношение звезда/планета. Но убрать звездный свет еще недостаточно, надо суметь разделить изображение звезды и планеты. Для ближайших звезд (и только для них!) это возможно. Однако «звездные коронографы» пока не созданы,

и реальные возможности связывают с *косвенными методами* обнаружения планет. Основные из них — *астрометрический* метод и метод *лучевых скоростей*.

Астрометрический метод состоит в измерении периодических колебаний положения звезды на небесной сфере, обусловленных ее вращением вокруг центра масс системы звезда–планета. Вследствие собственного движения звезды (точнее звезды вместе с ее планетной системой) в пространстве, центр тяжести движется по небесной сфере, «выписывая» плавную траекторию, а звезда из-за вращения вокруг центра масс описывает волнистую линию вокруг этой траектории. Колебания звезды (амплитуда волнистой линии) тем больше, чем больше масса планеты по отношению к массе звезды. Этот метод успешно применяется для обнаружения невидимых темных компонент в двойных звездах. Но обнаружение планет из-за их малой массы значительно труднее. Для наземных наблюдений обнаружение планет этим методом находится на пределе чувствительности современной аппаратуры.

Метод лучевых скоростей состоит в измерении смещения спектральных линий в спектре звезды. При вращении вокруг общего центра масс системы звезда в течение одной половины периода удаляется от наблюдателя, а в течение другой половины — приближается к нему. Соответственно, спектральные линии смещаются то в красную, то в синюю область спектра. Измеряя эти смещения, можно установить наличие планет, определить период их обращения, массу и другие параметры. Именно с помощью этого метода и были открыты первые планеты у других звезд.

История обнаружения планет полна драматическими моментами. В 1960-х годах известный американский астроном Ван де Камп сообщил об обнаружении планетной системы у Летящей звезды Барнарда в созвездии Змееносца. Она названа так потому, что в сравнении с другими звездами очень быстро перемещается (как бы летит) по небесной сфере; угловое перемещение, или, как говорят астрономы, собственное движение звезды Барнарда составляет 10 угловых секунд в год! Столь значительное собственное движение указывает на то, что звезда Барнарда находится близко от Солнечной системы, откуда мы ведем свои наблюдения. Действительно, это третья по близости к нам звезда (после Проксимы и Альфы Центавра), расстояние до нее составляет 1,8 парсека или около 6 св. лет. По физическим характеристикам звезда Барнарда — красный карлик спектрального класса М5 с массой равной 0,15 массы Солнца. На основе многолетних наблюдений Ван де Камп обнаружил периодические колебания положения звезды, которые он объяснил наличием невидимого спутника звезды (планеты) с массой в полтора раза больше

массы Юпитера, обращающегося вокруг нее по сильно вытянутой эллиптической орбите с периодом около 25 лет.

Открытие Ван де Кампа по времени совпало с началом радиопоисков внеземных цивилизаций. То обстоятельство, что планета была обнаружена у одной из наиболее близких к нам звезд, говорило о том, что планетные системы должны быть распространенным явлением. Это внушало оптимизм и в отношении поиска сигналов. Несколько странным казался большой период и сильно вытянутая эллиптическая орбита, больше напоминающая орбиты комет. Когда эта проблема обсуждалась на 1-м Всесоюзном совещании по писку внеземных цивилизаций (1964 г.), проф. Б. В. Кукаркин обратил внимание на то, что наблюдаемая картина может быть следствием наличия не одной, а нескольких планет у звезды Барнарда. В качестве иллюстрации он рассмотрел, как бы выглядела Солнечная система при наблюдении подобным же методом с другой звезды. Поскольку периоды двух наиболее массивных планет Солнечной системы — Юпитера и Сатурна примерно соизмеримы (пять оборотов Юпитера составляют 59,3 года, а два оборота Сатурна — 58,9 года), то предполагаемые астрономы с другой звезды из анализа собственного движения Солнца могли бы заключить о наличии около него одной планеты-гиганта, движущейся по сильно вытянутой эллиптической орбите с периодом около 60 лет. Конечно, если бы инопланетные астрономы увеличили точность своих наблюдений, то, обнаружив более тонкие эффекты в движении Солнца, они могли бы установить истинную картину строения Солнечной системы. Нечто похожее, казалось, произошло и со звездой Барнарда. Повторный более точный анализ длительных рядов наблюдений позволил Ван де Кампу выделить в системе Летящей звезды Барнарда две планеты с массами 1,1 и 0,8 массы Юпитера, обращающихся вокруг звезды по почти круговым орбитам с периодом 26 и 12 лет на расстоянии от звезды 4,7 и 2,8 а. е. Последующие исследования позволили выделить еще одну — третью планету, причем оказалось, что расстояния всех трех планет от звезды Барнарда удовлетворяют закону Тициуса–Боде, установленному для планет Солнечной системы. Наконец, канадские ученые О. Дженсен и Т. Ульрих выделили 5 планет в системе звезды Барнарда. Все это было очень впечатляющим. Ведь если у одной из самых близких к нам звезд имеется планетная система, напоминающая Солнечную, значит, планетные системы должны быть весьма распространенным феноменом, ибо иначе трудно представить, как две планетные системы могли оказаться практически в одном месте Галактики.

К сожалению, в дальнейшем результаты Ван де Кампа подверглись серьезному сомнению. В начале 1970-х годов Дж. Гейтвуд, в то время молодой аспирант обсерватории Аллегени (США), разработал усовершенствованный астрометрический прибор с компьютерной обработкой данных и, применив его к анализу собственных движений ряда звезд, не подтвердил результат Ван де Кампа. Гейтвуд полагал, что его результат вызван инструментальными ошибками. Однако Ван де Капм не согласился с таким выводом, он продолжал настаивать на достоверности своих наблюдений.

Вопрос, таким образом, оставался открытым. Когда речь идет о результатах, полученных на пределе экспериментальных возможностей,

истину установить очень трудно. Необходимо существенное повышение чувствительности методов. Ван де Камп ушел из жизни в 1995 г., и как раз в этот год была открыта первая из новой серии внесолнечных планет, уже не вызывающих никаких сомнений, — планета у звезды 51 Пегаса.

Планета у звезды 51 Пегаса была обнаружена методом лучевых скоростей. Долгое время этот метод не давал нужной точности, он позволял регистрировать скорости порядка 500 м/с, а для обнаружения даже такой массивной планеты, как Юпитер, у солнцеподобной звезды требовалась скорость 12,5 м/с. Следовательно, необходимо было существенно повысить чувствительность метода. К началу 90-х годов это стало возможно благодаря применению спектрометров нового поколения.

Первый успех выпал на долю швейцарских исследователей М. Майора и Д. Квелоца. Их спектрометр имел чувствительность 13 м/с и позволял на пределе обнаружить планету типа Юпитера у солнцеподобной звезды. В 1994 г. они начали наблюдения на высокогорной обсерватории Верхний Прованс (Франция). В программу входил поиск планет у 142 солнцеподобных звезд из ближайшего окружения Солнца. В их число входила и звезда 51 Пегаса, расположенная на расстоянии около 50 световых лет от Солнца. Неожиданно у этой звезды была обнаружена довольно значительная лучевая скорость 60 м/с. Скорость периодически менялась с периодом 4,2 дня. Это было невероятно! Ведь период обращения планет составляет годы, а не дни, следовательно, и скорость, обусловленная влиянием планет, должна была меняться с годичным периодом. Майор и Квелоц решили задержать публикацию своего открытия и еще раз все проверить. В июле 1995 г. наблюдения 51 Пегаса были возобновлены. Изменения скорости следовали точно установленному закону. Сомнений не оставалось: это была планета. Масса ее порядка массы Юпитера, а расстояние до звезды всего 0,05 астрономических единиц (в 20 раз меньше расстояния от Земли до Солнца)! Этим и объясняется столь малый период обращения планеты и большая амплитуда изменения скорости звезды, что облегчило обнаружение планеты. Из-за близости к звезде температура планеты превышает 1000 К. Поэтому в дальнейшем такие планеты стали называть «горячими юпитерами».

Осенью 1995 г. Майор и Квелоц доложили о своем открытии на конференции в Италии. Весть эта быстро распространилась среди других исследовательских групп, занимавшихся поисками планетных сис-

тем. Среди них была группа из Сан-Францисского университета США (Дж. Марси, П. Батлер и др.), которые проводили наблюдения на Ликской обсерватории, начиная с 1987 г. К 1994 г. их аппаратура была усовершенствована, и порог чувствительности доведен до 3 м/с. С такой чувствительностью можно было бы уверенно обнаружить Юпитер с расстояния до 30 световых лет. За много лет наблюдений у них накопился очень большой материал. Чтобы сократить время компьютерной обработки, исследователи решили уменьшить число регулярно наблюдавшихся звезд со 120 до 25. Среди отброшенных оказалась и звезда 51 Пегаса! Получив сообщение об открытии швейцарских ученых, Марси и Батлер немедленно повели наблюдения 51 Пегаса. Открытие подтвердилось. Вскоре о подтверждении сообщили и другие наблюдатели. Получив время на самых мощных компьютерах, Марси и Батлер провели обработку многолетних наблюдений и обнаружили планетные системы еще у нескольких звезд.

В последующие годы в поиск включились и другие группы; число обнаруженных планет быстро росло. К середине ноября 2002 г. число планетных систем достигло 87, причем в 11 из них обнаружено более одной планеты; общее число планет равно 101. Самую свежую и весьма полную информацию о них можно получить на страничке Интернет «The Extrasolar Planets Encilopaedia» по адресу: <http://www.obspm.fr/encycl/encycl.html> (или по адресу: <http://www.obspm.fr/planets>), или, наконец, непосредственно в Каталоге внесолнечных планет «Extra-Solar Planets Catalog», который является частью Энциклопедии, по адресу: <http://www.obspm.fr/encycl/catalog.html>

Большинство обнаруженных планет относятся к типу «горячий юпитер». Возможно, этот удивительный факт является просто следствием наблюдательной селекции: планеты такого типа легче обнаружить. Но в любом случае наличие планетных систем, которые по своим характеристикам существенно отличаются от Солнечной, является важным обстоятельством. Оно указывает на то, что наши представления о происхождении планетных систем нуждаются в корректировке. Особый интерес представляют случаи, когда удалось выделить не одну, а несколько планет. Примером может служить система звезды Ипсилон Андромеды ( $\nu$  And), у которой удалось выделить три планеты с массами 0,71; 2,11 и 4,61 массы Юпитера и радиусом орбиты 0,06; 0,83 и 2,5 а. е.

Большинство действующих программ рассчитаны на обнаружение массивных планет (типа Юпитера). Для обнаружения планет земного типа чувствительности существующей аппаратуры пока недостаточно. Здесь прогресс может быть связан с применением ин-

терферометров<sup>251</sup>. Уже создан наземный интерферометр, рассматривается проект большого космического интерферометра с 4-метровыми телескопами, разнесенными на расстояние 100 м. Недавно НАСА объявило о проекте запуска в 2004 г. астрометрического спутника, который позволит исследовать 40 миллионов звезд и обнаружить планеты у звезд солнечного типа на расстояниях до 1000 световых лет.

Надо сказать, что обнаружение планеты у звезды 51 Пегаса, строго говоря, не было первым надежным обнаружением внесолнечных планет. Это была первая планета, обнаруженная у обычных звезд. Но еще раньше, на несколько лет раньше, планеты были обнаружены у... пульсаров!

Период пульсаров отличается очень высокой стабильностью, вплоть до  $10^{-14}$  секунды. Это позволяет по изменению периода пульсара измерять лучевую скорость нейтронной звезды с точностью до 1 см/с (!), что совершенно недоступно для обычных звезд. Еще более точно периодическое смещение нейтронной звезды при вращении ее вокруг общего центра масс звезда/планета может быть определено по измерению времени прихода отдельных импульсов, что также невозможно для обычных звезд, так как они не дают импульсного излучения. Все это, в принципе, дает возможность обнаруживать у пульсаров планеты с массой порядка массы Земли. Однако никто не пытался этого делать, так как существование планет у пульсаров казалось совершенно невероятным. Открытие первой планеты у пульсара, как и открытие самих пульсаров, было сделано случайно.

В 1990 г. американский радиоастроном польского происхождения А. Вольщан на радиотелескопе Аресибо обнаружил слабый пульсар PSR 1257+12 с периодом повторения импульсов 6,2 миллисекунды. Он находится на расстоянии около 1000 св. лет от Солнца. Анализ вариаций периода пульсара, выполненный совместно с Д. Фрейлом, показал, что вокруг нейтронной звезды вращаются, по крайней мере, три планеты с массами 0,015; 3,4 и 2,8 массы Земли. Планеты обращаются вокруг нейтронной звезды по почти круговым орбитам с радиусом 0,19; 0,36 и 0,47 астрономических единиц и периодом 25,3; 66,5 и 98,2 дней. Интересно, что расстояния планет от звезды пропорциональны расстояниям Меркурия, Венеры и Земли от Солнца (то же относится и к периодам обращения). Эти ре-

---

<sup>251</sup> На необходимость использования интерферометров для обнаружения внесолнечных планет обращали внимание Ю. Н. Парийский и В. И. Мороз на советско-американской конференции СЕТИ в Бюракане в 1971 г.

зультаты были доложены на конференции в 1991 г. Позднее у пульсара была обнаружена еще одна далекая планета с массой 100 масс Земли (примерно втрое меньше, чем у Юпитера), радиусом орбиты 40 а. е. (примерно, как у Плутона) и периодом обращения 170 лет.

Второй пульсар, у которого, возможно, тоже обнаружена планета, — это PSR 0329+54. Он наблюдался в США в 1968–1983 гг. и на Радиоастрономической станции ФИАН в Пущино в 1978–1994 гг. Общий период наблюдений составил, таким образом, 26 лет. Обработав эти многолетние ряды наблюдений Т. В. Шабанова нашла, что вокруг пульсара обращается, по крайней мере, одна планета с массой около 2 масс Земли, периодом 16,9 лет и радиусом орбиты 7,3 а. е. Возможно, имеется и еще одна планета на расстоянии 2,3 а. е. с периодом обращения около 3 лет. К сожалению, выводы пущинских радиоастрономов не были подтверждены другими исследователями, и в интернетовской таблице это обнаружение числится как «весьма сомнительное».

Еще один весьма далекий пульсар PSR 1828–11, расположенный на расстоянии около 12 тысяч св. лет от Солнца, также имеет три планеты с массами 3; 12 и 8 масс Земли, обращающихся вокруг пульсара на расстоянии 0,93; 1,32 и 2,1 а. е. с периодом соответственно 0,68; 1,35 и 2,79 лет. Как и у пульсара PSR 1257+12, у него расстояния планет от звезды (и периоды обращения) тоже пропорциональны расстояниям от Солнца (и периодом обращения) Меркурия, Венеры и Земли. Данные об этом пульсаре до сих пор официально не опубликованы, поэтому в интернетовской таблице он числится как «неподтвержденный».

Зато в таблице имеется еще один пульсар с «подтвержденным» обнаружением планеты. Это пульсар PSR B1620–26, тоже весьма далекий, его расстояние от Солнца превышает 12 тыс. св. лет. У него обнаружена одна массивная планета с массой от 1,2 до 6,7 масс Юпитера, расстояние ее от звезды 10–64 а. е., а период обращения от 62–389 лет.

Обнаружение планет у пульсаров ставит перед астрофизиками весьма сложные проблемы. Ведь нейтронная звезда образуется в результате вспышки сверхновой. Надо иметь в виду, что вспышка сверхновой — это гигантский взрыв, при котором выделяется колоссальная энергия. Если у звезды, из которой образовался пульсар, была до вспышки планетная система, она должна была разрушиться в результате взрыва. Значит, планеты вокруг пульсаров возникли уже после вспышки. Как именно это произошло,



пока не ясно (хотя есть несколько теоретических моделей образования планет на послезвзрывной стадии). Как бы там ни было, но наличие планетных систем у таких «экзотических» объектов, как пульсары, наряду с их наличием у обычных звезд, показывает, что планетные системы должны быть широко распространены в Галактике.

Итак, долгие дискуссии, размышления, споры о существовании планет за пределами Солнечной системы завершены, поиски их увенчались успехом. Несомненно это одно из важнейших астрономических открытий XX века. Символично, что оно было сделано на рубеже веков. Умозрительно существование планет у других звезд казалось очевидным. Но отсутствие прямых доказательств оказывало существенное влияние на научные представления в этой области. Несмотря на то, что при имеющихся средствах планеты просто не могли обнаружить, из отсутствия экспериментальных подтверждений делались далеко идущие выводы — об отсутствии планет или их крайней редкости, об уникальности Солнечной системы в Галактике и т. д.

Хотя обнаружение внесолнечных планетных систем несомненно является важным аргументом в пользу их широкой распространенности, сам по себе этот факт пока еще не дает возможности количественно оценить фактор  $f_p$ . Это можно сделать на основе современных представлений о происхождении планетных систем. А. В. Тутуков выполнил такую оценку и получил, что у 30% всех звезд в Галактике возникают планетные системы<sup>252</sup>. При этом общее число планетных систем в Галактике может достигать  $10^{11}$ .

Рассмотрим теперь следующий фактор  $n_e$ . При оценке этого фактора (коль скоро мы уже ограничились рассмотрением лишь планетных форм жизни) мы должны прежде всего отобрать те звезды, около которых могут существовать планеты с подходящими для возникновения жизни условиями. При отборе таких звезд исключают горячие молодые звезды спектральных классов O, B и A. Это связано с тем, что, как считается, жизнь на планетах может возникнуть и развиваться только в период стационарного излучения звезды (когда она находится на главной последовательности). У звезд типа Солнца этот период составляет около 13 млрд лет, а у звезд ранних спектральных классов менее 1 млрд лет. Исходя из

---

<sup>252</sup> Тутуков А. В. Распространенность планетных систем в Галактике // Земля и Вселенная. 1999. № 6. С. 17–24.

земного опыта это слишком короткий для эволюции срок. Напомним, что на Земле с момента ее образования до появления человека прошло около 4,5 млрд лет. Представим себе звезду спектрального класса В5, у которой период стационарного излучения составляет всего  $10^8$  лет. По истечении этого очень короткого периода звезда начинает раздуваться, превращаясь в красного гиганта, а затем сбрасывает оболочку, обнажая горячее ядро с мощным ультрафиолетовым излучением. Если бы у такой звезды после ее образования начался процесс зарождения жизни, она неминуемо погибла бы в ходе переживаемых звездой катаклизмов. Мы уже не говорим о случае, когда звезда заканчивает свою эволюцию, вспыхивая как сверхновая. Впрочем, доля звезд ранних спектральных классов пренебрежимо мала; кроме того, они, как уже отмечалось выше, скорее всего, не имеют планетных систем, так что их исключение не приводит ни к какому дополнительному отбору. При более осторожном подходе исключаются также красные карлики спектрального класса М. Время жизни их на главной последовательности достаточно велико (много больше, чем для звезд солнечного типа), но считается, что они дают слишком мало тепла и света, чтобы эффективно поддерживать жизнь на своих планетах. Остаются звезды спектральных классов F, G и K (точнее, от F5 до K5), которые по своим характеристикам близки к Солнцу. Доля этих звезд составляет около 20 %. Но это еще не все. Для того чтобы поддержать жизнь, планета должна иметь устойчивую орбиту вокруг звезды. Как мы видели, значительное число звезд входит в состав двойных и кратных систем. В таких системах не всегда возможны устойчивые планетные орбиты. С некоторой степенью произвола полагают, что условие устойчивости выполняется примерно для половины подходящих звезд.

Теперь надо выбрать условия уже внутри самой планетной системы. Для этого мы должны исходить из определенных представлений о том, какие условия необходимы для возникновения и развития жизни. А это неизбежно приводит к вопросу, который нам, возможно, хотелось бы избежать — о формах и субстрате внеземной жизни. Желая сохранить твердую почву под ногами и следуя уже избранному пути, мы вынуждены ограничиться единственно известной нам формой жизни и в качестве «нормы существования» принять условия, необходимые для возникновения и развития водно-углеродной, белково-нуклеиновой жизни. Таким путем мы найдем, по крайней мере, нижнюю границу интересующего нас фактора.

Чтобы обеспечить необходимый температурный режим, планета должна находиться в пределах так называемой «зоны жизни» или экосферы (см. § 3.2). Размеры ее зависят от температуры центральной звезды. Так, для Солнца экосфера простирается от 0,7 а. е. до 1,3 а. е., а для красного карлика класса М 5 — приблизительно от 0,02 до 0,05 а. е. Кроме того, масса планеты (как уже отмечалось в предыдущем параграфе) должна быть достаточна для удержания атмосферы, но не слишком велика. Оба эти условия приводят к тому, что планета подходящих размеров должна находиться на подходящем расстоянии от своей звезды. Какова вероятность выполнения этих условий? В Солнечной системе из 9 планет лишь одна — наша Земля — находится в пределах зоны жизни<sup>253</sup> и имеет к тому же подходящие размеры. Исходя из этого можно заключить, что для Солнечной системы вероятность нахождения подходящей планеты в подходящем месте составляет приблизительно 0,1. Можно принять эту оценку в качестве типичной для других планетных систем. Пусть  $n$  — среднее число планет в планетной системе (по аналогии с Солнечной системой можно принять  $n \approx 10$ ), тогда:

$$n_e = n \times \left( \begin{array}{l} \text{доля звезд} \\ \text{подходящих} \\ \text{спектральных} \\ \text{классов} \end{array} \right) \times \left( \begin{array}{l} \text{доля подходящих} \\ \text{звезд с устойчивыми} \\ \text{планетными} \\ \text{орбитами} \end{array} \right) \times \left( \begin{array}{l} \text{вероятность нахождения} \\ \text{планеты подходящих} \\ \text{размеров внутри} \\ \text{экосферы} \end{array} \right) =$$

$$= 10 \times (0,2 \div 1) \times (0,5) \times (0,1) = 0,1 \div 0,5$$

Отметим, что некоторые авторы учитывают долю звезд подходящих спектральных классов и долю подходящих звезд с устойчивыми планетными орбитами при оценке фактора  $f_p$ . Поэтому для сопоставления результатов различных авторов удобней использовать величину  $f_p n_e$ . Эта величина приводится в 3-м столбце таблицы 4.3.1 (см. с. 429).

Перейдем теперь к оценке вероятностей  $P_L$ ,  $P_i$ ,  $P_c$ . Начнем с **вероятности происхождения жизни  $P_L$** . В п. 4.2.3 мы познакомились с тем, как образуются основные «строительные блоки» биохимии (аминокислоты, нуклеотиды и т. д.) и как из этих «кирпичи-

<sup>253</sup> При таком подходе исключаются из рассмотрения обсуждавшиеся выше возможности существования жизни в определенных слоях атмосферы Юпитера и Венеры, или в некоторых местах на поверхности Марса. Но таковы принятые «правила игры»: каждый раз при попытке количественно оценить тот или иной фактор мы вынуждены вводить все новые и новые ограничения.

ков» путем полимеризации возникают более сложные органические молекулы. Но там же мы отмечали, что до сих пор остаются полностью неясными последующие этапы происхождения жизни. Прежде всего — каким образом «запускается» механизм наследственности, как возникают системы такого уровня сложности, начиная с которого вступает в силу естественный отбор, характерный для живых систем.

Существует точка зрения (и она активно пропагандируется в популярной литературе), согласно которой образование первых белковых молекул и первых молекул ДНК произошло чисто случайно — путем случайного сочетания имевшихся в первобытном океане простых молекул. А так как вероятность случайного образования достаточно сложных систем (какими, несомненно, являются живые системы) исчезающе мала, то, с этой точки зрения, происхождение жизни на Земле является чудом, повторение которого где-либо в другом месте Вселенной крайне маловероятно. Рассмотрим в качестве иллюстрации вероятность случайного образования одного из хорошо известных белков — гемоглобина. Молекула гемоглобина состоит из 4-х полипептидных цепей по 150 элементов (звеньев) в каждой цепи. Всего, таким образом, имеется 600 звеньев, каждое звено — это молекула той или иной аминокислоты. Поскольку в состав живых организмов входят 20 различных аминокислот, то число всевозможных комбинаций из 20 аминокислот при длине цепочки 600 звеньев равно  $20^{600}$ , и вероятность чисто случайного образования молекулы гемоглобина составляет  $1/20^{600} = 10^{-780}$  (!) — число практически не отличающееся от нуля. Если же принять во внимание все существующие в природе аминокислоты, а не только те, что входят в состав живых организмов (ведь первоначальный отбор должен был производиться из всех аминокислот), то вероятность упадет до величины  $10^{-1200}$ . И это для простейшего из белков! Если же взять молекулу ДНК, входящую в состав наших хромосом, то вероятность ее чисто случайного возникновения равна  $4^{-4 \cdot 10^9} = 10^{-2,4 \cdot 10^9}$  — величина, которая «доказывает» абсолютную невозможность происхождения человека.

Ошибочность подобной аргументации состоит в том, что такой чисто комбинаторный подход не применим к процессу формирования сложной высокоорганизованной системы. На основе простой комбинаторики исходных элементов невозможно за разумное время получить не только белковую молекулу, но и более простые системы, существующие в природе. Процесс формирования сложной

системы протекает таким образом, что на каждой стадии такого процесса образуются промежуточные подсистемы с присущими им структурными особенностями, благодаря которым на последующих этапах уже не могут реализоваться любые комбинации исходных элементов. Реализуются только некоторые, «разрешенные» комбинации, а это сокращает общее число комбинаций, повышает вероятность реализации процесса (или сокращает время его реализации). Согласно теории Дж. Бернала (1901–1971), существенную роль в этом процессе играет иерархическое строение возникающих структур, каждая из которых включает в себя структуры и процессы, существующие на более низком уровне. В результате число возможных путей формирования некоторой структуры высшей сложности из ее элементов (субструктур) уменьшается, а вероятность образования сложной структуры возрастает по сравнению с тем, что имеет место при ее формировании непосредственно из исходных элементов.

Можно проиллюстрировать это положение на примере формирования языка. Казалось бы какое отношение имеет язык к обсуждаемой проблеме? Но ведь язык — это тоже сложная система, а закономерности формирования сложных систем имеют много общего. Рассмотрим для определенности письменную речь. Исходным элементом ее являются буквы, из них с соблюдением определенных закономерностей образуются слова, из слов строятся предложения, и здесь действуют свои закономерности: порядок слов в предложении, согласование в роде, числе, падеже. Наконец, предложения следуют друг за другом, подчиняясь более сложным законам смысла, логики и т.д. Благодаря этому возникают определенные ограничения на сочетания исходных элементов, букв (а также слов, предложений, абзацев). В результате огромное множество априори возможных «предложений» — вроде: «ьыьуууя тнньл мммбббщъ аь» — не появляется в осмысленном русском тексте. Точно так же в процессе формирования сложной материальной системы допускается не всякая связь, не всякая комбинация, а лишь такая, которая, по выражению А. Д. Урсула, «предопределена и закреплена всем предшествующим развитием»<sup>254</sup>. В этом смысле и химическая эволюция подобна повествованию. Написав отрывок эволюционной повести, природа закономерно определяет несколько следующих «букв», затем «слов», «предложений», пока не завершит свою творческую работу по созданию живой системы.

<sup>254</sup> Урсул А. Д. Освоение космоса. — М.: Мысль, 1967. 238 с. Цит. с. 140.

К сожалению, мы не знаем закономерности этого процесса. Поэтому в настоящее время у нас нет достоверных данных для надежной оценки вероятности  $P_L$ . Разумеется, это не означает, что  $P_L$  очень мала — не следует путать невысокую надежность в оценке вероятности с величиной самой вероятности.

Можно подойти к оценке величины  $P_L$ , исходя из времени реализации процесса. Для любого, даже чисто случайного, процесса существует характерное время, по истечении которого интересующее нас событие произойдет практически неизбежно, ибо опыт повторится достаточное число раз. Тем более это относится к такому квазидинамическому процессу, как предбиологическая эволюция. Причем здесь характерное время определяется с учетом тех закономерностей формирования сложных систем, тех квазидинамических связей, о которых говорилось выше. Если оно окажется меньше времени существования планеты с подходящими условиями, то по истечении характерного времени жизнь на такой планете с неизбежностью возникнет. Время существования планеты с подходящими условиями (точнее, время существования подходящих условий на планете) определяется временем жизни звезды на главной последовательности. Следовательно, условие возникновения жизни на планете можно записать в виде

$$\left( \begin{array}{l} \text{характерное время} \\ \text{процесса прохождения} \\ \text{жизни на Земле} \end{array} \right) < \left( \begin{array}{l} \text{времени жизни} \\ \text{звезды на главной} \\ \text{последовательности} \end{array} \right). \quad (4.8)$$

Для одних планет это условие выполняется, для других нет. Доля планет, для которых оно выполнено, и определяет вероятность  $P_L$  происхождения жизни на планете с подходящими условиями. На Земле это условие было выполнено. Если для большинства планет характерное время происхождения жизни не сильно отличается от характерного времени для Земли, то для них условие (4.8) тоже выполняется, и тогда вероятность  $P_L$  близка к единице. Если же характерное время для Земли является нетипичным, если на большинстве планет процесс длится дольше, чем на Земле (что само по себе является уже сильным допущением), то тогда все зависит от того, с каким «запасом» это условие было выполнено на Земле. Если оно выполняется с большим запасом, тогда для значительной части планет оно тоже будет выполнено, несмотря на то, что для них процесс длится дольше, чем на Земле. Если же запас невелик, тогда для

большинства планет это условие не выполняется, и величина  $P_L$ , соответственно, мала.

В годы становления проблемы SETI считалось, что процесс химической эволюции на Земле длился несколько миллиардов лет, что сопоставимо с возрастом Земли и почти одного порядка с возрастом Вселенной. Как отметил в то время А. А. Нейфах<sup>255</sup>, незначительное изменение физических условий на других планетах, по сравнению с земными условиями, может увеличить срок химической эволюции на 1–2 порядка, и тогда для происхождения жизни потребуется время, превышающее возраст Вселенной. Если это имеет место для большинства планет, то  $P_L$  много меньше единицы. Новые данные показали, что характерное время происхождения жизни на Земле гораздо меньше, чем предполагалось ранее. По существу, жизнь возникла на Земле сразу же после того, как закончился процесс ее формирования. Если даже допустить, что на других планетах процесс по каким-то причинам длился дольше, чем на Земле, его длительность, из-за большого запаса, для большинства планет, по-видимому, все же не превышает времени жизни звезды на главной последовательности. Исходя из этого, можно предположить  $P_L \approx 1$ .

Перейдем теперь к оценке **вероятности**  $P_i$ . Прежде всего надо оговорить, что мы понимаем под термином «разумная жизнь». Понятие «разум», как и понятие «жизнь», кажется первоначально интуитивно ясным. Но определить их не так просто. Где та грань, которая отделяет живое от неживого? Где критерий, позволяющий отделить разумное от неразумного? Разумны ли высшие животные, или разум — прерогатива только человека? Даже в применении к земной жизни эти вопросы вызывают известные трудности. Тем более сложным представляется вопрос о возможных формах внеземного разума. Мы должны быть готовы к тому, что разум, с которым нам придется встретиться и вступить в контакт, может принимать самые неожиданные формы. На первый взгляд, SETI позволяет значительно упростить проблему. Если исходить из *узкого* понимания SETI — поиск и обнаружение сигналов от внеземных цивилизаций, то под «разумными существами» можно понимать существа, способные создавать мощные радиопередатчики и радиотелескопы, или, говоря более общо, — способные обмениваться информацией по каналам связи. Какова физическая, химическая и био-

<sup>255</sup> Нейфах А. А. // Природа. 1965. № 12.

логическая природа таких существ — с этой точки зрения, совершенно несущественно. Однако пытаясь оценить число цивилизаций по формуле Дрейка, мы вынуждены были ограничиться рассмотрением вполне конкретной белково-нуклеиновой формы жизни, возникающей на планетах, обращающихся вокруг подходящих звезд. И интересующая нас сейчас величина  $P_i$  есть вероятность происхождения разумных существ именно на такой обитаемой планете в процессе биологической эволюции.

Нам известен лишь один пример биологической эволюции на Земле, приведший к возникновению разумного вида «*Homo sapiens*». Нельзя сказать, что мы хорошо представляем себе процесс биологической эволюции. После первых успехов дарвиновской теории перед ней возникли серьезные трудности. Положение здесь напоминает ситуацию в проблеме происхождения жизни: чем больше мы углубляемся в изучение эволюции, тем менее понимаем, каким образом она привела к возникновению человека. Имея в виду эти трудности, И. С. Шкловский высказал мысль, что на Земле, наряду с мутациями и естественным отбором, по-видимому, действовали еще какие-то факторы, роль которых пока еще окончательно не ясна. Поэтому мы не можем надежно оценить величину  $P_i$ . Это, конечно, не означает, что величина  $P_i$  очень мала. Здесь, как и в случае с вероятностью  $P_L$ , не следует путать надежность в оценке вероятности (которая может быть очень малой) с величиной самой вероятности.

Дополнительные трудности возникают в связи с характером самого эволюционного процесса. Многие эволюционисты отмечают, что, по мере усложнения организмов, пути эволюции все более и более разветвляются. И далеко не все из них ведут к появлению разумных существ. Значит, на другой планете эволюция может пойти по «тупиковому» пути. Если это так, то природе придется поставить много опытов на разных планетах, прежде чем на одной из них опыт увенчается успехом и эволюция пойдет по пути, который приведет к появлению разумных существ. Поэтому, как подчеркивает Шкловский, если даже считать, что возникновение разумной жизни во Вселенной есть закономерный процесс развития материи, из этого вовсе не следует, что эволюция живой материи на *каждой* планете неизбежно должна привести к возникновению разума.

Насколько уникален путь земной эволюции? Если иметь в виду все детали этого пути, то он, конечно, уникален. И земное человечество так же уникально, как и любой биологический вид на Земле. Но говоря о поисках внеземного разума, мы вовсе не должны ограничи-



ваться какой-то внеземной копией земного человечества, следовательно, нет необходимости в том, чтобы эволюция на других планетах повторяла во всех деталях путь земной эволюции. Важны лишь ее главные, существенные черты. Каковы же эти существенные черты?

Биологическая эволюция на Земле протекала в направлении нарастающей дифференциации функций, выполняемых отдельными

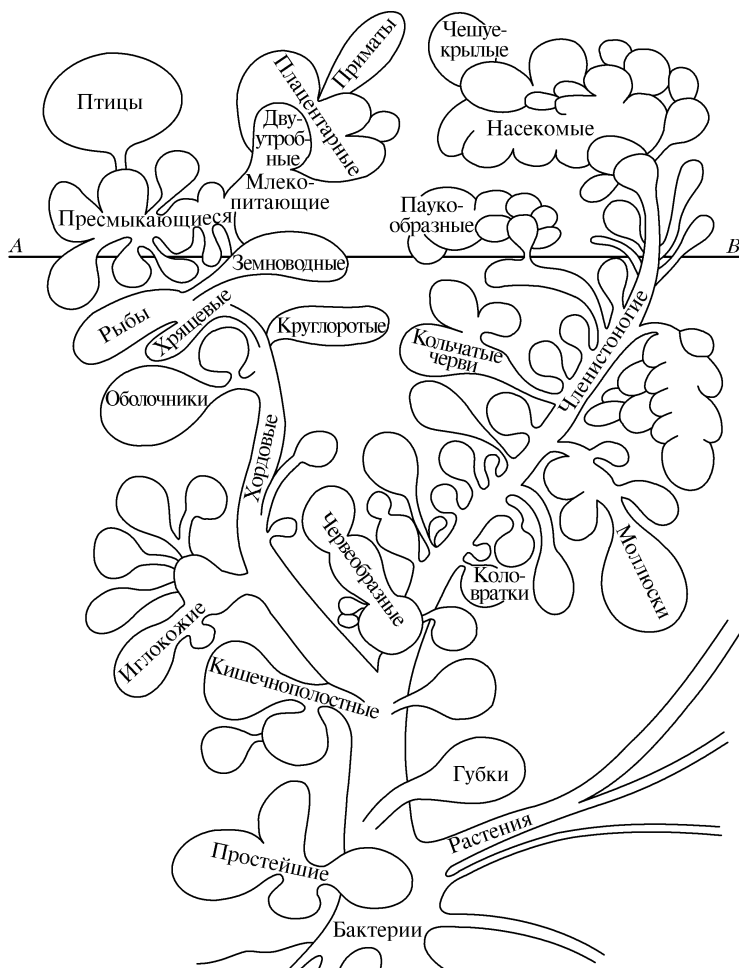


Рис. 4.3.1. Дерево жизни (по Кено).

Рисунок из книги: Пьер Тейяр де Шарден. Феномен человека. — М., 1987, с. 114

органами и тканями. Если в одноклеточном организме все функции совмещены, то уже у первых многоклеточных организмов начинается разделение между тканями: появляется мышечная ткань, выполняющая функции движения; затем появляются различные специализированные органы и ткани, выполняющие функции дыхания, пищеварения, размножения и т. д., возникает система кровообращения, появляются рецепторы (или органы чувств), связывающие организм с окружающей средой. Это усложнение организмов, появление специализированных органов и тканей неизбежно требует создания управляющих механизмов, иначе организм не сможет функционировать как единое целое. Появляется нервная и эндокринная система, выполняющие функции управления. Появление нервной системы на определенном этапе эволюции, или, говоря шире, — появление некоторой управляющей системы, можно, по-видимому, считать *закономерной*. Более сложной является проблема эволюции нервной системы до такого уровня, когда возникает то, что мы называем словом «разум». С понятием «разум» (в отличие от «животного ума») обычно связывается способность к абстрактному мышлению, способность познавать окружающий мир и самое себя, т. е. строить модели мира с помощью абстрактных понятий и использовать результаты познания в соответствии со своими целями. Для возникновения разума требуется выполнение ряда условий, сочетание ряда факторов. Прежде всего имеет значение, конечно, количество нейронов в центральной нервной системе, а следовательно, объем мозга и размер животного. Но одного этого, разумеется, недостаточно. Как подчеркивает американский антрополог Р. Ли, необходимым условием возникновения разума является сложная социальная жизнь животного. Еще Фридрих Энгельс указывал на важную роль труда в процессе происхождения человека. Огромное значение имело и появление языка как средства коммуникаций между членами зарождающегося человеческого общества. Хотя язык обслуживал определенные материальные потребности, он имел свою собственную логику развития. Развитие языка в значительной мере стимулировало развитие разума, протекало в диалектическом единстве с его развитием. Имея единичный пример развития мыслящего вида на Земле, мы не знаем, насколько типичным является этот процесс, обязательно ли при всех условиях эволюция управляющих систем приведет к появлению разума.

Этот вопрос активно обсуждался на конференции СЕП в Бюракане в 1971 г. Ф. Моррисон обратил внимание на то, что человек не имеет близких родственников в отряде приматов. По его мнению, это может

быть следствием того, что они были уничтожены в борьбе за существование в процессе становления вида *Homo*. Если это так, то могли быть другие гуманоидные виды, и один из них неизбежно должен был стать разумным. Более того, как отметил американский астрофизик Т. Голд, соперничество между двумя высокоразвитыми группами животных могло способствовать происхождению разума. В конце концов, разум является полезным эволюционным приобретением, поэтому можно думать, что рано или поздно он должен возникнуть. Эту мысль поддержал известный американский кибернетик М. Мински, специалист по искусственному интеллекту. Он заявил, что разум должен был появиться хотя бы потому, что опасно иметь мало разума<sup>256</sup>.

Каковы основания ожидать, что на Земле могли быть другие гуманоидные виды? Моррисон видит их в своеобразных свойствах биологической конвергенции в процессе эволюции видов. Под биологической конвергенцией понимается эволюционное сближение признаков различных организмов, живущих в сходных условиях. Это сближение может проявиться как подобие морфологических признаков (например, развитие оптимальной гидродинамической формы тела у тунца, ихтиозавра и дельфина, принадлежащих к различным классам животного мира), так и в появлении функционально одинаковых органов (возникновение глаз у моллюсков, насекомых и позвоночных)<sup>257</sup>. Пример биологической конвергенции Моррисон видит и в том, что на Земле имеются, по крайней мере, два биологических вида (человек и дельфин), обладающих высоко развитым мозгом. То обстоятельство, что среди многочисленных путей эволюции лишь один привел к появлению разумных существ, по мнению Моррисона, вполне объяснимо, ибо наличие одного очага разума уничтожает соседний. Не будь человека, среди млекопитающих нашлись бы другие виды, которые развились бы до разумных форм.

Если эти соображения верны, то происхождение разума можно рассматривать как неизбежный результат биологической эволюции. На основании этого можно было бы положить  $P_i = 1$ . Но остается еще вопрос о длительности процесса биологической эволюции. На Земле этот процесс занял значительно больше времени, чем происхождение жизни. Длительность его практически равна возрасту Земли и, действительно, одного порядка с возрастом Вселенной. Изменение длительности эволюции на других планетах всего в несколько раз по сравнению с Землей (в сторону увеличения) приводит к тому,

---

<sup>256</sup> К противоположному выводу об эволюционной роли разума пришел в последние годы своей жизни И. С. Шкловский — см. его статью «Существуют ли внесемные цивилизации? // Земля и Вселенная. 1985. № 3. С. 76–80.

<sup>257</sup> В связи с представлениями о конвергентной эволюции представляет интерес замечание Ф. А. Цицина о том, что различные цивилизации после выхода в Космос, где условия в основных чертах одинаковы, должны развиваться в направлении сходимости морфологических признаков (см. Природа. 1965. № 11. С. 94–101). Не приведет ли этот процесс к образованию зоофитов Циолковского?

что для происхождения разума на этих планетах может не хватить времени. Конечно, это относится не ко всем планетам, на некоторых из них эволюция может быть даже короче, чем на Земле. Но, во всяком случае, для части планет такая ситуация может иметь место. Поэтому для  $P_i$  можно принять более осторожную, по сравнению с  $P_L$ , оценку:  $P_i \leq 1$ . Впрочем, как видно из таблицы 4.3.1, оценки этих факторов у различных авторов отличаются не сильно.

Остается оценить **вероятность  $P_c$**  образования технически развитой цивилизации. История человечества знает немало цивилизаций, которые возникали, достигали расцвета и гибли по тем или иным причинам внутреннего и/или внешнего характера. При этом различные цивилизации на Земле возникали в разное время в различных местах и, по-видимому, независимо друг от друга. Если в отношении таких цивилизаций, как Китай, Индия, Египет, можно говорить об их взаимном влиянии, то цивилизации американского континента (инки, ацтеки и др.), вероятно, возникли независимо от цивилизаций Старого света. Если это так, то можно думать, что образование цивилизаций есть закономерный этап в эволюции мыслящих существ. Былует, правда, и такое представление: все цивилизации как Старого, так и Нового света, образовались от одной древнейшей Працивилизации. Но оно не отменяет вывод о закономерном характере возникновения цивилизаций. Менее определенным является вопрос о закономерностях появления развитой технологии, при которой можно говорить о межзвездной связи. Наши представления базируются на изучении человеческого опыта, и мы не знаем, какие из закономерностей исторического развития являются специфическими, присущими только человеческому обществу, и какие имеют универсальный характер. Учитывая, что время возникновения технологического общества ( $10^5 \div 10^6$  лет) мало по сравнению со временем биологической эволюции, можно положить  $P_c \approx 1$ .

Вспомним, что нас интересуют коммуникативные цивилизации. Если даже допустить неизбежность возникновения технически развитых цивилизаций, остается еще неясным вопрос — обязательно ли они пожелают установить контакт с другими мирами. Каковы побудительные мотивы контакта? По мнению профессора Д. Я. Мартынова (1906–1989), они могут представлять собой сложный комплекс «из любознательности (научного интереса), тщеславия и альтруиз-

ма»<sup>258</sup>. Вероятно, это в какой-то мере справедливо для нашей земной цивилизации в ее нынешнем состоянии развития. Но что мы знаем о побудительных мотивах иных цивилизаций? Думается, что мотивы могут быть более глубокими. Не исключено, что контакт с другими сообществами разумных существ является необходимым условием сохранения и дальнейшего развития для каждой цивилизации после того, как она достигнет определенного уровня развития. Если это так, то любая цивилизация, начиная с определенного момента, вступает в коммуникативную фазу.

Таблица 4.3.1

## Оценка факторов в формуле Дрейка

	К. Саган, 1966	Дж. Биллингем, Б. Оливер, 1970 (проект «Циклоп»)	Д. Голдсмит, Т. Оуэн, 1980	Дж. Биллингем, Дж. Тартер, 1992
$f_p n_e$	1,0	0,5	0,125	0,1
$P_L$	1,0	0,2	0,5	1,0
$P_i$	0,1	1,0	—	0,05
$P_c$	0,1	0,5	0,5**	1,0
$f_s$	0,01	0,05	0,03	0,005
$R_* f_s$	<b>0,2*</b>	<b>1,0</b>	<b>0,625***</b>	<b>0,1</b>

\* Автор принимает  $R_* = 10$  зв/год и получает  $R = 0,1$ .

\*\* Вероятность  $P_i$  отдельно не оценивалась, приведенная оценка относится к произведению  $P_i P_c$ .

\*\*\* Авторы принимают  $R_* = 40$  зв/год и получают  $R = 1,25$ .

Подведем предварительные итоги. В табл. 4.3.1 приведены оценки факторов в формуле Дрейка, выполненные различными авторами. Если принять скорость звездообразования  $R_* = 20$  звезд/год, то для скорости возникновения цивилизаций  $R = R_* f_s$  получим значения, приведенные в последней строке таблицы. Чтобы получить число цивилизаций, надо эту величину умножить на  $L$ . Например, по оценкам, принятым в проекте «Циклоп»,  $R = 1$ , и число цивилизаций в Галактике, находящихся в коммуникативной фазе,  $N_c(t) = L$ ,

<sup>258</sup> Мартынов Д. Я. Выступление на Первом Всесоюзном совещании по внеземным цивилизациям / Внеземные цивилизации. — Ереван, 1965. С. 34.

т. е. численно равно выраженной в годах длительности коммуникативной фазы. При других оценках имеем, соответственно, иные значения  $R$ , т. е. иные значения коэффициента при  $L$  в формуле для числа цивилизаций  $N_c(t) = RL$ . Отсюда видно, какое большое значение для оценки числа коммуникативных цивилизаций имеет время жизни цивилизаций или длительность коммуникативной фазы. К обсуждению этой величины мы теперь и переходим.

**4.3.3. Время жизни коммуникативных цивилизаций (длительность коммуникативной фазы).** О времени жизни технически развитых цивилизаций (как и о распространенности разумной жизни во Вселенной) имеются две противоположные точки зрения. Согласно одной из них, время жизни цивилизаций существенно ограничено: оно может составлять несколько сотен, несколько тысяч, может быть, несколько миллионов лет, но оно, во всяком случае, очень мало по сравнению с космогоническим масштабом времени. Это так называемая короткая шкала жизни. Согласно другой точке зрения, время жизни технически развитых цивилизаций неопределенно велико. Раз возникнув, они развиваются, практически, неограниченно долго, постоянно приспосабливаясь к новым условиям (или создавая для себя новые условия), преодолевая новые трудности, добываясь новых побед в преодолении стихийных сил природы. С этой точки зрения время жизни коммуникативных цивилизаций может быть соизмеримо только с возрастом Галактики (длинная шкала жизни).

Напомним, что величина  $L$  в формуле Дрейка представляет собой *среднее* время жизни коммуникативных цивилизаций. Следовательно, могут быть цивилизации, время жизни которых как больше, так и меньше  $L$ . Особый интерес представляют цивилизации с длительностью коммуникативной фазы порядка  $T$ , т. е. порядка возраста Галактики. Если одна такая цивилизация когда-то возникла в Галактике, то она и сейчас находится в коммуникативной фазе. Можно ли рассчитывать, что такие цивилизации существуют, или время их жизни ограничено какими-то внешними или внутренними причинами? В литературе по проблеме SETI обсуждалось несколько возможных причин гибели высокоразвитых цивилизаций: 1) самоуничтожение в результате термоядерной катастрофы или какого-то другого открытия, которое может привести к непредвиденным и неконтролируемым последствиям; 2) генетическая опасность, связанная с «грузом» неблагоприятных мутаций, сохраняю-

щихся в популяции высокоразвитых существ благодаря применению медицины; 3) ограниченная емкость мозга отдельного индивидуума, что в сочетании с быстрым ростом информации<sup>259</sup> может привести к чрезмерной специализации и, как следствие ее, к вырождению; 4) кризис, связанный с появлением искусственных разумных существ. К этому можно добавить еще загрязнение окружающей среды, организационный, демографический и энергетический кризис, а также потерю интереса к науке и технике, что, практически, приведет к окончанию коммуникативной фазы. Все эти сценарии навеяны состоянием нашей земной цивилизации. Неизвестно, насколько они типичны. С другой стороны, могут быть и иные противоречия, с которыми сталкиваются развивающиеся космические цивилизации и о которых мы не имеем никакого понятия.

Следует иметь в виду, что хотя названные (и не названные) причины могут в разной степени влиять на продолжительность жизни технически развитых цивилизаций, совершенно не обязательно, чтобы каждая из них (или они все вместе) с фатальной неизбежностью приводили к постепенной или катастрофической гибели цивилизаций. Как правильно подчеркивает Н. С. Кардашев, указанные причины, по-видимому, являются весьма существенными для каждой цивилизации на определенном этапе ее развития, но это не значит, что они являются принципиально неустранимыми во всех случаях и для всех цивилизаций. Близкая точка зрения была высказана американским биофизиком и футурологом Дж. Платтом. Он считает, что в истории каждой цивилизации могут встретиться определенные критические моменты (критические точки). Не всякая цивилизация сумеет преодолеть их, какая-то часть обществ может погибнуть, но другие выживут и будут развиваться дальше. Вскоре они встретятся с новой кризисной ситуацией, новым порогом, и опять часть обществ погибнет, а другая часть преодолет этот порог и будет развиваться до тех пор, пока не встретится с новым и т. д. Переход через каждый порог будет приводить к потере цивилизаций. Но какая-то, пусть небольшая, часть обществ, по мнению Платта, сможет найти решение всех проблем, эти общества преодолеют все пороги и будут развиваться неограниченно долго.

---

<sup>259</sup> Противоречие между ограниченной емкостью мозга и неограниченным (и быстрым) ростом информации представляется совершенно неразрешимым, если не учитывать потенциальные возможности человеческой психики, которые могут включать новые орудия познания, неизмеримо превосходящие мозг по объему и скорости переработки информации.

Каково соотношение между числом таких цивилизаций и цивилизаций с короткой шкалой жизни? Этот вопрос исследовался К. Саганом<sup>260</sup>. Пусть  $L_d$  — среднее время жизни долгоживущих цивилизаций, а  $L_k$  — среднее время жизни короткоживущих цивилизаций;  $f_d$  — доля долгоживущих цивилизаций из числа всех цивилизаций, возникающих за время от 0 до  $T$ ;  $(1 - f_d)$  — доля короткоживущих цивилизаций. Тогда общее число цивилизаций в Галактике в момент  $T$ :

$$N(T) = R f_d L_d + R (1 - f_d) L_k = RL; \quad (4.9)$$

$R$  — средняя скорость возникновения цивилизаций в Галактике ( $R = R_* f_s$ ),  $R f_d$  — скорость возникновения долгоживущих цивилизаций,  $R(1 - f_d)$  — скорость возникновения короткоживущих цивилизаций; 1-й член дает число долгоживущих цивилизаций, а 2-й — число короткоживущих цивилизаций;  $L$  — среднее время жизни, усредненное по всем цивилизациям:

$$L = f_d L_d + (1 - f_d) L_k. \quad (4.10)$$

Несмотря на то, что доля  $f_d$  может быть очень мала, число долгоживущих цивилизаций, существующих в данный момент  $T$  (одновременно с нами), благодаря большой длительности их жизни  $L_d$  может намного превосходить число коротко живущих цивилизаций.

### Примеры

1. Пусть  $L_d = 10^9$  лет,  $L_k = 10^3$  лет,  $f_d = 10^{-2}$  (т. е. на 100 цивилизаций возникает одна цивилизация с длинной шкалой жизни и 99 — с короткой шкалой жизни). Принимая  $R = 0,1$  год<sup>-1</sup> (одна цивилизация возникает раз в 10 лет),  $T = 10^{10}$  лет, получим число цивилизаций, которые возникают за время от 0 до  $T$ :  $n_d(T) = 10^7$ ;  $n_k(T) = 10^9$ . Число цивилизаций, одновременно существующих в момент  $T$ :  $N_d(T) = 0,1 \times 10^{-2} \times 10^9 = 10^6$ ;  $N_k(T) = 0,1 \times (1 - 10^{-2}) \times 10^3 = 10^2$ . Отсюда видно, хотя общее число цивилизаций с короткой шкалой, образующихся за все время существования Галактики, на два воярдка больше числа долгоживущих цивилизаций, в данный момент времени соотношение между ними обратное: число цивилизаций с короткой шкалой на 4 порядка меньше числа цивилизаций с длинной шкалой. В этом примере  $L = 10^7$  лет,  $N(T) = 10^{-1} \times 10^7 = 10^6 \approx N_d(T)$ .

2. Пусть теперь  $L_d = 10^{10}$ ,  $L_k = 10^2$ ,  $f_d = 10^{-6}$ . Тогда:  $n_d(T) = 10^3$ ;  $n_k(T) = 10^9$ ;  $N_d(T) = 10^3$ ;  $N_k(T) = 10$ . В этом примере все цивилизации с длинной шкалой, возникшие за время от 0 до  $T$ , существуют и в настоящий момент, и хотя доля их очень мала ( $10^{-6}$ ), число их в данный момент на 2 порядка превосходит число короткоживущих цивилизаций. Здесь  $L = 10^4$  лет,  $N(T) = 10^3 \approx N_d(T)$ .

<sup>260</sup> Sagan C. On the Detectivity of Advanced Galactic Civilizations // Icarus. 1973. V. 19. P. 350–353.



К. Саган обращает внимание на то, что разрыв во времени между долгоживущими и короткоживущими цивилизациями создает непреодолимый культурный барьер между ними. Такие цивилизации откроют законы природы и изобретут технологию, применение которой будет казаться нам неотличимой от магии. Они будут, по всей вероятности, изучать примитивные формы жизни и примитивные цивилизации, но вряд ли будут особо обеспокоены установлением связи с ними; во всяком случае — не более чем мы обеспокоены установлением контакта с бактериями. Поэтому в иерархии космических цивилизаций, по-видимому, существует *горизонт коммуникативного интереса*. Высокоразвитые цивилизации могут осуществлять оживленный коммуникативный обмен между собой посредством неизвестной нам технологии и при этом будут для нас оставаться «за горизонтом». Существование коммуникативного горизонта во много раз уменьшает число цивилизаций, с которыми мы можем вступить в контакт.

Определим число цивилизаций внутри горизонта. Они состоят из короткоживущих цивилизаций и небольшой доли  $f'$  долгоживущих цивилизаций, которые возникли совсем недавно и поэтому еще не успели выйти за пределы коммуникативного горизонта. Возраст этих цивилизаций  $x \leq L_k$ . Если скорость возникновения цивилизаций постоянна (не зависит от времени), то они равномерно распределены по возрасту. Поэтому доля  $f'$  равна  $L_k/L_d$ . А для цивилизаций с возрастом  $x > L_k$  их доля составляет  $(1 - f') = (L_d - L_k)/L_d$ , эти цивилизации лежат за пределами нашего горизонта. Число цивилизаций с длинной шкалой, которые, в силу малого возраста, еще находятся в пределах нашего горизонта:

$$N'(T) = f' N_d(T) = f' f_d R L_d = f_d R L_k.$$

Общее число цивилизаций внутри горизонта:

$$N(T) = R(1 - f_d)L_k + R f_d L_k.$$

Здесь первый член определяется цивилизациями с короткой шкалой жизни (все они лежат внутри горизонта), а второй член определяется недавно возникшими цивилизациями с длинной шкалой (возраст которых не превышает  $L_k$ ). Поскольку  $f_d \ll 1$ , то  $N \approx R(1 - f_d) L_k$ , т. е. совпадает с числом короткоживущих цивилизаций. Таким образом, в то время, как общее число цивилизаций (существующих в момент  $T$ ) определяется долгоживущими цивилиза-

циями, число цивилизаций *внутри горизонта* определяется короткоживущими цивилизациями. В рассмотренном выше примере:  $L_d = 10^9$ ,  $L_k = 10^3$ ,  $f_d = 10^{-2}$ ,  $R = 10^{-1}$ , первый член равен  $10^2$ , а второй равен 1. То есть на 100 кратковременно живущих цивилизаций приходится одна долгоживущая, попавшая внутрь горизонта.

Из этих соображений вытекают определенные выводы относительно стратегии поиска. Поскольку общее число цивилизаций в данный момент определяется долгоживущими цивилизациями, то даже при большом числе цивилизаций цивилизации с короткой шкалой жизни относительно редки и расстояние между ними велико. Поэтому обнаружить их сравнительно трудно. Напротив, высокоразвитые цивилизации, с длинной шкалой жизни, расположены ближе и обнаружить их было бы проще, но они находятся за пределами коммуникативного горизонта. Получается «заколдованный круг». Впрочем, если допустить, что небольшая часть высокоразвитых цивилизаций проявляет интерес к контакту с примитивными обществами, то, именно, связь с ними окажется для нас доминирующей. А так как такие сверхцивилизации можно обнаружить на межгалактических расстояниях (см. гл. 1), то наилучшая стратегия, по мнению Сагана, состоит в том, чтобы искать высокоразвитые цивилизации II и III типа среди ближайших галактик, вместо того, чтобы искать цивилизации I типа среди ближайших звезд. Поиск сигналов от галактик, насчитывающих миллиарды звезд, имеет несомненные преимущества перед поиском от отдельных звезд. И, однако, не следует пренебрегать и ближайшими окрестностями. Ведь, как следует из проведенного анализа, высокоразвитые цивилизации могут находиться «совсем рядом» с нами. Было бы обидно упустить возможность контакта с такими цивилизациями.

Но вернемся к времени жизни коммуникативных цивилизаций. Возможность двустороннего обмена информацией зависит от соотношения между длительностью коммуникативной фазы  $L$  и величиной запаздывания  $t_{\text{зап}}$  при межзвездных «переговорах». Для того чтобы двусторонняя связь была возможна, время жизни цивилизаций должно превышать некую критическую величину  $L_{\text{кр}} = t_{\text{зап}} = 2d/c$  ( $d$  — расстояние между цивилизациями,  $c$  — скорость света). Принимая во внимание выражение (4.4) для  $d$ , можно получить:

$$L_{\text{кр}} = (2d_*/c)^{3/4} (T/f_s)^{1/4}.$$

Полагая  $d_* = 6,5$  св. лет,  $T = 10^{10}$  лет, получим следующие величины  $L_{\text{кр}}$ , соответствующие значениям  $f_s$ , приведенным в таблице 4.3.1:

$f_s$	0,05	0,03	0,01	0,005
$L_{кр}$ , лет	4600	5200	6800	8100

Согласно С. фон Хорнеру, эффективный обмен информацией между цивилизациями, вследствие эффекта «обратной связи» может привести к существенному увеличению длительности коммуникативной связи. Следовательно, если  $L > L_{кр}$ , то после установления контакта  $L$  начинает возрастать; если же  $L < L_{кр}$ , то эффект обратной связи отсутствует, и  $L$  остается малым. Таким образом,  $L$  может быть либо меньше  $L_{кр}$ , либо много больше этой величины. Цивилизации, время жизни которых близко к  $L_{кр}$ , должны быть крайне редки. До какой степени возрастает величина  $L$  после установления контакта? Может быть, установление связи с другими мирами это и есть тот главный порог, который должна достичь и преодолеть развивающаяся цивилизация, после чего она приобретает возможность безграничного развития. В таком случае  $L_{кр}$  можно принять за тот «водораздел», который разделяет цивилизации на две группы: в пределах нашего коммуникативного горизонта и за его пределами.

В приведенных выше примерах мы искусственно принимали долю долгоживущих цивилизаций очень малой. Если допустить, что любая из возникающих цивилизаций может приобрести возможность безграничного развития, т. е. положить  $f_d \approx 1$ , то при тех же значениях  $R = 10^{-1}$  цивилизаций в год и  $T = 10^{10}$  лет получим  $N(T) = 10^9$ . В наиболее благоприятном случае, когда  $f_p n_e = 1$  и  $P_L = P_i = P_c = 1$ ; при этих условиях  $R = R_* = 20 \text{ год}^{-1}$  и  $N_c(T) = 2 \cdot 10^{11}$ , т. е. равно числу звезд в Галактике. Это означает, что около каждой звезды имеется развитая цивилизация. Все они находятся за пределами нашего коммуникативного горизонта. Цивилизации типа нашей составляют небольшую долю молодых, недавно возникших цивилизаций с возрастом  $X < L_{кр}$ , которые еще не успели вступить в Галактический Клуб.

#### 4.3.4. Обобщение формулы Дрейка. Статистический подход.

Прежде всего возникает вопрос о числе сомножителей в формуле Дрейка. Мы уже отмечали, что некоторые авторы вводят дополнительные сомножители для учета тех или иных факторов, оказавших влияние на происхождение жизни и возникновение технически развитой цивилизации. Так, С. Доул при оценке числа планет с благо-

приятными для возникновения жизни условиями вводит 8 сомножителей, учитывающих вероятность того, что орбита планеты имеет определенный эксцентриситет, вероятность того, что ее ось определенным образом наклонена к плоскости орбиты и т. д. Дж. Платт выделяет в процессе эволюции от появления простейших органических соединений до возникновения коммуникативной цивилизации более 20 важнейших этапов, каждый из которых характеризуется определенной вероятностью реализации<sup>261</sup>. На первый взгляд может показаться, что учет дополнительных факторов и введение соответствующих вероятностей в формулу Дрейка неизбежно приводит к уменьшению общей результирующей вероятности, так как произведение множителей, каждый из которых меньше единицы, уменьшается с возрастанием числа сомножителей. Однако это верно лишь в том случае, если рассматривать *фиксированные* значения вероятностей. Для процесса, развивающегося во времени, вероятность реализации того или иного этапа есть **функция времени**. Если для каждого промежуточного этапа вероятность реализации стремится к единице за некоторое конечное время, то и произведение вероятностей будет стремиться к единице за определенное конечное время, равное сумме времен реализации каждого этапа. В этом смысле вместо общей вероятности всего процесса в целом в данный момент времени, можно рассматривать **суммарное время** его реализации, по истечении которого процесс неизбежно завершится<sup>262, 263, 264</sup>. Весь вопрос в том, каково это суммарное время. Применительно к процессу возникновения планетных цивилизаций суммарное время не должно превышать времени жизни звезды на главной последовательности.

Исходя из такого подхода, Платт рассмотрел вероятность реализации различных этапов эволюции. По его мнению, в отношении некоторых этапов уже сейчас, на основе имеющихся экспериментальных и теоретических данных, можно с уверенностью сказать, что вероятность их реализации равна единице (в указанном выше смысле). К ним Платт относит: образование органических соединений; образование автокатализа в процессе предбиологической эволюции; появление органов зрения у различных видов животных (биологическая конвергенция); возникновение управляющей нервной системы; появление общественных животных, использующих коммуникационные сигналы для регулирования своей со-

---

<sup>261</sup> Платт Дж. В кн.: Проблема СЕТИ. — М.: Мир, 1975. С. 115–121.

<sup>262</sup> Платт Дж. Цит. выше.

<sup>263</sup> Крик Ф. Проблема СЕТИ. — М.: Мир, 1975. С. 60, 91, 105.

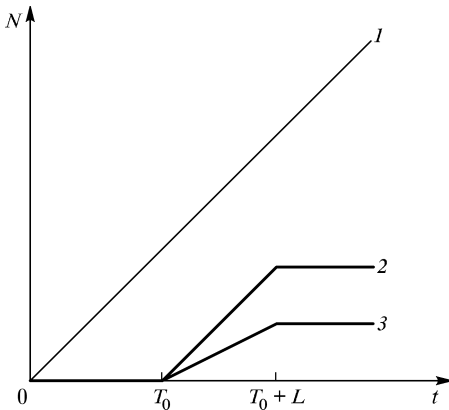
<sup>264</sup> Моррисон Ф. Там же. С. 95.

циальной жизни; появление животных, владеющих орудиями труда; возникновение технологии, городов, науки, освоение ядерной энергии и космического пространства. Для других этапов вероятность в настоящее время неизвестна. Таковыми являются: образование нуклеиновых кислот, возникновение живой клетки, переход к многоклеточным организмам, возникновение царства животных, выход жизни из океана на сушу. По мнению Платта, большинство из этих этапов почти неизбежно вытекает из предыдущих, поэтому, хотя вероятность их реализации, в отличие от этапов первой группы, строго говоря, неизвестна, ее также можно считать равной или близкой к единице.

Существуют однако три ключевых момента: переход от сложных органических соединений к живым системам (происхождение жизни), использование огня и возникновение языка или речевого мышления. Эти шаги, по мнению Платта, являются уникальными. Впрочем, и в отношении этих критических ключевых этапов, по-видимому, как считает Платт, можно будет показать, что вероятность их реализации стремится к единице. Для этого надо разбить критические этапы на более мелкие шаги (суб-этапы) и тогда каждый последующий шаг будет с неизбежностью вытекать из предыдущего. Так, использование огня, само по себе маловероятное и даже противоестественное для большинства животных, может оказаться закономерным, если рассмотреть популяцию существ, которые изготавливают и применяют орудия труда. С другой стороны, использование огня (раз уж это произошло) делает почти неизбежным следующий шаг — переход от коммуникативных сигналов, которыми обмениваются животные, к языку символов, к речи и мышлению. Огонь «продлевает» день и создает досуг. Сидя у огня в своих пещерах, отделенные от прошедших событий временем и пространством праразумные существа могут обмениваться впечатлениями и переживаниями дня, используя только символы реальных вещей. Это и даст начало языку, речевому мышлению и, вместе с ним, ритуалам, поэзии, мифологии, науке.

Рассмотрим теперь, как зависит число цивилизаций от суммарного времени реализации процесса. Пусть  $T_0$  — время от образования подходящей звезды до возникновения на ней коммуникативной цивилизации. Для простоты предположим, что для всех цивилизаций это время одинаково. Предположим, что время жизни коммуникативных цивилизаций (длительность коммуникативной фазы) для всех цивилизаций тоже одинаково и равно  $L$ . На рис. 4.3.2 линия 1 изображает рост числа подходящих звезд со временем:  $N_*(t) = R_0 t$  ( $R_0$  — скорость образования подходящих звезд, предполагается, что она не зависит от времени). Линия 2 изображает изменение числа цивилизаций со временем при условии, что скорость возникновения коммуникативных цивилизаций равна скорости образования подходящих звезд, т. е. считается, что у каждой подходящей звезды со временем возникает коммуникативная цивилизация. При  $t < T_0$  число цивилизаций равно нулю. При  $T_0 < t < T_0 + L$  число

цивилизаций растет с той же скоростью, что и число подходящих звезд, соответствующий участок на графике изображается отрезком прямой, параллельным линии 1 и сдвинутым относительно нее на



**Рис. 4.3.2.** Изменение числа цивилизаций со временем.

Линия 1 изображает рост числа подходящих звезд; линия 2 — изменение числа коммуникативных цивилизаций при условии, что скорость их возникновения равна скорости возникновения подходящих звезд; линия 3 изображает число коммуникативных цивилизаций в функции времени при условии, что не у каждой подходящей звезды возникает коммуникативная цивилизация. Пояснение см. в тексте

по-прежнему равно нулю. При  $T_0 < t < T_0 + L$  число цивилизаций растет, но медленнее, чем число подходящих звезд. При  $t > T_0 + L$  рост числа цивилизаций прекращается. Таким образом:

$$N_c(T) = R_0 f_s (T - T_0), \text{ если } T < T_0 + L \text{ или } L > T - T_0;$$

$$N_c(T) = R_0 f_s L, \quad \text{если } T > T_0 + L \text{ или } L < T - T_0.$$

Это выражение остается в силе и в том случае, когда время развития и длительность коммуникативной фазы у различных цивилизаций различны, но их дисперсия (разброс относительно средних значений) мала по сравнению со средними значениями величин  $T_0$  и  $L$ . Если  $L$  означает среднюю длительность коммуникативной фазы, то выражение  $N_c(T) = R_0 f_s L$  в точности совпадает с формулой Дрейка (4.2). Следовательно, формула Дрейка описывает частный случай,

величину  $T_0$ :  $N(t) = R_0 (t - T_0)$ . При  $t = T_0 + L$   $N(t) = R_0 L$ . При этом накопление цивилизаций прекращается, ибо их ежегодный прирост компенсируется за счет убыли цивилизаций, возникших  $T_0$  лет назад, которые к данному моменту достигают возраста  $L$  и выходят из коммуникативной фазы. При  $t > T_0 + L$  число цивилизаций остается постоянным и равным  $R_0 L$ . Линия 3 изображает изменение

числа цивилизаций со временем при условии, что не у каждой подходящей звезды со временем возникает коммуникативная цивилизация. Скорость возникновения коммуникативной цивилизации  $R = f_s R_0$  ( $f_s$  — фактор выборки). На участке  $0 < t < T_0$  число цивилизаций

справедливый при малой дисперсии величин  $T_0$  и  $L$  и при условии  $L < T - T_0$ .

Пусть теперь  $T_0$  — по-прежнему постоянно для всех цивилизаций, или точнее дисперсия этой величины настолько мала, что  $T_0$  можно считать постоянным; длительность коммуникативной фазы изменяется в широких пределах, принимая значения  $l_1, l_2, l_3 \dots l_n$  с вероятностями  $P_1, P_2, P_3 \dots P_n$ . Причем все значения  $l_1, l_2, l_3 \dots l_k$  меньше, чем  $(T - T_0)$ , а значения  $l_{k+1}, l_{k+2}, l_{k+3} \dots l_n$  больше, чем  $(T - T_0)$ . В этом случае:

$$N_c(T) = R_0 f_s [L + P_r (T - T_0)],$$

где

$$L = \sum_{i=1}^k p_i l_i,$$

т. е. представляет собой среднее значение из величин  $l_i$ , меньших  $(T - T_0)$ , а

$$P_r = \sum_{i=k+1}^n p_i.$$

Для непрерывного закона распределения вероятностей имеем:

$$L = \int_0^{T-T_0} l P(l) dl; \quad P_r = \int_{T-T_0}^T P(l) dl.$$

Отметим, что характер распределения  $l$  для значений  $l < (T - T_0)$  не влияет на величину  $N_c(T)$ , существенна только средняя величина  $L$  для этих значений. Разные распределения с одинаковым  $L$  дают один и тот же вклад в величину  $N_c(T)$ . Что касается значений  $l > (T - T_0)$ , то сами по себе эти значения не влияют на величину  $N_c(T)$ , существенна только их суммарная вероятность  $P_r$ . При  $P_r = 0$ ,  $N_c(T) = R_0 f_s L$  мы снова приходим к формуле Дрейка.

Сделаем еще один шаг — откажемся от предположения о постоянстве (или малой дисперсии) величины  $T_0$ . Допуская, что как  $T_0$ , так и  $l$  для различных цивилизаций принимают разные значения, мы приходим к картине, изображенной на рис. 4.3.3. В общем случае  $T_0$  и  $l$  — независимые случайные величины со своими (вообще говоря, произвольными) законами распределения, которые не обязательно характеризуются малой дисперсией. Число цивилизаций, находящихся в данный момент  $T$  в коммуникативной фазе (на рисунке они пересечены вертикальной линией), определяется функциями распределения этих величин. Таким образом, чтобы определить число цивилизаций, мы должны использовать статистический подход. Подобный подход был последовательно проведен Дж. Крейфелдтом<sup>265</sup> и затем использовался в нашей работе<sup>266</sup>.

<sup>265</sup> Kreifeldt F. G. A Formulation for the number of communicative civilizations in the Galaxy // Icarus. 1971. V. 14. P. 419–430.

<sup>266</sup> Гиндилис Л. М. К методике оценки числа цивилизаций в Галактике / Проблема поиска внеземных цивилизаций. — М.: Наука, 1981. С. 126–148.

Мы не будем приводить полученных выражений, они достаточно громоздки. Отметим, что в частном случае, при определенных предположениях, о которых частично говорилось выше, их можно свести к формуле Дрейка.

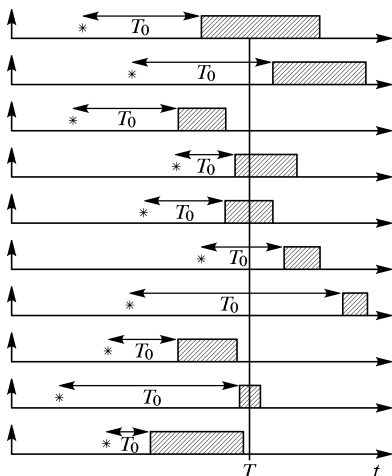


Рис. 4.3.3. Возникновение коммуникативных цивилизаций у различных звезд (по Крейфельдту).

Звездочкой отмечен момент рождения подходящей звезды, стрелки указывают момент  $T_0$  от ее образования до возникновения на ней коммуникативной цивилизации, длительность коммуникативной фазы  $L$  отмечена штриховкой.  $T$  — современный момент времени

возникает звезда  $A_{0L}$ , для которой переход в состояние  $A_L$  является разрешенным, и с вероятностью  $(1 - f_{0L})$  возникает звезда  $A_{0\tilde{L}}$ , для которой переход в состояние  $A_L$  запрещен.

Будем считать, что если переход разрешен, то он обязательно реализуется через определенное время. Поэтому звезда из подкласса  $A_{0L}$  спустя время  $T_{0L}$  переходит в состояние  $A_L$ ; при этом с вероятностью  $f_{Li}$  образуется звезда  $A_{Li}$ , которая спустя время  $T_{Li}$  переходит в состояние  $A_i$ , и с вероятностью  $(1 - f_{Li})$  образуется звезда  $A_{L\tilde{}}$ , для которой переход в состо-

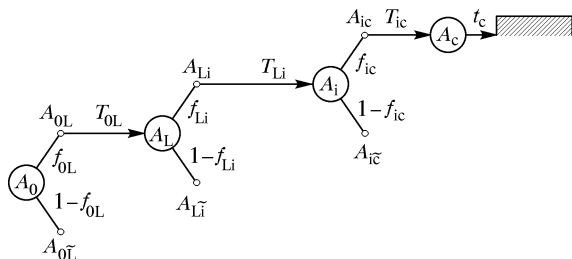


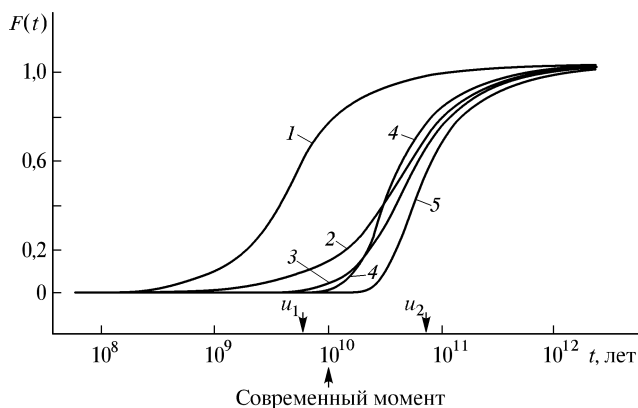
Рис. 4.3.4. Схема перехода подходящей звезды  $A_0$  в коммуникативную фазу. Пояснения в тексте

яние  $A_i$  запрещен (туиковый путь эволюции). Аналогичным образом при возникновении звезды  $A_i$  с вероятностью  $f_{ic}$  образуется звезда  $A_{ic}$ , которая спустя время  $T_{ic}$  переходит в состояние  $A_c$ , и с вероятностью  $(1 - f_{ic})$



возникает звезда  $A_{i\tilde{c}}$ , для которой этот переход запрещен. Наконец, звезда  $A_c$  спустя время  $t_c$  переходит в коммуникативную фазу (т. е. в коммуникативную фазу переходит возникшая у нее коммуникативная цивилизация). На рисунке эта фаза обозначена штриховкой. Отберем из объектов  $A_{0L}$  такие, которые после прохождения промежуточных этапов переходят в состояние  $A_c$ . Обозначим этот подкласс  $A_{0c}$ . Соответственно  $A_{0\tilde{c}}$  — это подкласс подходящих звезд, для которых переход в состояние  $A_c$  запрещен. Он состоит из объектов  $A_{0\tilde{L}}$ , а также тех звезд, которые при последующей эволюции переходят в  $A_{L\tilde{c}}$  и  $A_{i\tilde{c}}$ . Вероятность образования звезды  $A_{0c}$  равна  $f_{0c} = f_{0L} f_{Li} f_{ic}$ . А время развития  $T_0 = T_{0L} + T_{Li} + T_{ic} + t_c$ .

Как уже отмечалось выше, поскольку речь идет о *процессе* возникновения цивилизаций, вероятность его реализации должна зависеть от времени. Статистический подход к оценке числа цивилизаций позволяет получить эту зависимость. Как показано в цитированной выше нашей статье, фактор выборки Дрейка по отношению к подходящим звездам (равный произведению вероятностей  $P_L P_i P_c$ ) можно представить в виде  $f_s = f_{0c} F(t)$ ;  $f_{0c}$  — вероятность возникновения около подходящей звезды коммуникативной цивилизации,  $F(t)$  — вероятность того, что она к моменту  $t$  перейдет в коммуникативную фазу.



**Рис. 4.3.5.** Временной фактор  $F(t)$ , описывающий зависимость вероятности возникновения коммуникативной цивилизации от времени. Различные кривые относятся к разным законам распределения времени  $T_0$

Если коммуникативная цивилизация возникает около каждой подходящей звезды (случай, соответствующий линии 2 на рис. 4.3.2), то  $f_{0c} = 1$  и  $f_s = F(t)$ . Зависимость  $F(t)$  для различных распределений приведена на рис. 4.3.5. При достаточно больших  $t$   $F(t) \approx 1$  и  $f_s \approx f_{0c}$ .

Это оправдывает введение фиксированных вероятностей в формулу Дрейка. Но надо иметь в виду, что переход к фиксированным вероятностям допустим только при определенных условиях.

Для оценки числа цивилизаций представляет интерес значение фактора  $F(T)$  в современный момент времени  $T = 10^{10}$  лет. Рассмотрим в качестве примера равномерное распределение  $T_0$  в интервале  $(T_{01}, T_{02})$ , вне этого интервала вероятность равна нулю. Пусть  $T_{01} = 1$  млрд лет,  $T_{02} = 100$  млрд лет. Среднее значение  $T_0 = 50$  млрд лет много больше, чем возраст Галактики и даже превышает возраст Вселенной. Это как раз тот случай, на который обращал внимание Нейфах (см. п. 4.3.2). Можно было бы думать, что поскольку среднее время развития превышает возраст Вселенной, вероятность возникновения коммуникативной цивилизации исчезающе мала. На самом деле это не так. Все зависит от дисперсии величины  $T_0$ . В данном примере  $F(T) = 0,1$ . Можно дать также статистическую оценку фактора  $f_{0c}$ . Мы не будем останавливаться на процедуре оценки, интересующегося читателя отсылаем за подробностями к цитированной выше нашей статье. Для рассмотренного случая равномерного распределения  $f_{0c} = 0,4$  (при 5%-ном уровне значимости). Следовательно, фактор выборки  $f_s = PL P_i P_c = 0,04$ . Это вполне приемлемая величина. Если принять  $f_p n_e = 0,1$  (см. табл. 4.3.1) и длительность коммуникативной фазы  $L = 10^6$  лет, то величина  $N_c(T) = 20 \times 0,1 \times 0,04 \times 10^6 = 8 \cdot 10^4$  цивилизаций. При  $f_p n_e = 1$  и  $L = 10^9$   $N_c(T) = 8 \cdot 10^8$ . Таким образом, при статистическом подходе выясняется, что условие — среднее время цивилизаций меньше  $10^{10}$  лет — не является критичным для существования цивилизаций в Галактике. Все зависит от характера распределения  $T_0$ . Возможны распределения, для которых среднее время развития значительно превышает  $10^{10}$  лет и, тем не менее, заметная доля подходящих звезд будет иметь коммуникативные цивилизации.

#### 4.4. Уникальна ли наша цивилизация?

Казалось бы, после приведенных оценок этот вопрос не имеет под собой серьезных оснований. Тем более, что оценки дают нижний предел цивилизаций, так как не учитывают разнообразия возможных форм жизни. И тем не менее, ситуация не столь однозначна. Дело в том, что приводимые оценки (за исключением статистических!) носят субъективный характер и потому допускают другие значе-

ния. При короткой шкале жизни цивилизаций порядка  $10^2 \div 10^3$  лет (а мы не можем абсолютно исключить такую возможность), величина  $L / T \approx 10^{-8} \div 10^{-7}$ . Если при этом фактор Дрейка  $f_s \leq 10^{-3} \div 10^{-4}$  (что совсем не является невероятным!), то  $N_c(T) \approx 1$  и наша цивилизация — единственная в Галактике. Более того, если  $f_s L / T < 10^{-21}$  (формально мы не можем исключить даже такую оценку), то наша цивилизация оказывается единственной во Вселенной. Учитывая неопределенность наших знаний в отношении происхождения и эволюции жизни, приходится считаться с такой возможностью, хотя она и представляется мало вероятной. Таким образом, подсчет числа цивилизаций оставляет достаточно простора для различных спекуляций о множественности обитаемых миров или уникальности нашей цивилизации. По существу, эти оценки могут рассматриваться лишь как исходный элемент гипотезы, лежащей в основе той или иной стратегии поиска, но они не дают окончательного решения проблемы существования ВЦ.

В этих условиях, на фоне разочарования, вызванного отрицательными результатами поиска сигналов, в современной науке (как уже отмечалось в § 4.1) стала возрождаться концепция уникальности нашей земной цивилизации. Наиболее последовательно она была развита М. Хартом<sup>267</sup> и неожиданно поддержана И. С. Шкловским. Впервые Шкловский выступил с этой концепцией на Зеленчукской школе-семинаре СЕТИ в октябре 1975 г., а затем опубликовал статью с ее обоснованием в «Вопросах философии»<sup>268</sup>.

Шкловский опирался на две группы аргументов. Первая группа связана с анализом и переоценкой факторов, входящих в формулу Дрейка. По мнению Шкловского, с развитием науки наблюдается ясно выраженная тенденция к уменьшению множителей в формуле Дрейка. Так, он указал на то, что вероятность существования планетных систем около других звезд (фактор  $f_p$ ), скорее всего, на два порядка меньше обычно принимаемого значения ( $0,1 \div 0,01$ ) и, следовательно, должна составлять величину порядка  $10^{-3} \div 10^{-4}$ . Основание для подобной переоценки Шкловский видит в том, что ранее приводившийся (в том числе им самим) аргумент о скачкообразном уменьшении скорости осевого вращения звезд спектрально-

<sup>267</sup> Hart M. N. An Explanation for Absence of Extraterrestrials on Earth // Quart. Journ. Roy. Astron. Soc. 1975. V. 16. № 2. P.128–135.

<sup>268</sup> Шкловский И. С. О возможной уникальности разумной жизни во Вселенной // Вопросы философии. 1976. № 9. С. 80–93.

го класса F оказался несостоятельным. По мнению Шкловского, этот скачок может быть вызван не образованием протопланетного диска, а потерей вещества с поверхности звезды, на которой имеется значительное количество активных областей. С другой стороны, как следует из работ некоторых авторов, большинство звезд солнечного типа входит в состав двойных или кратных систем. «...Наше Солнце, — делает вывод Шкловский, — это странная одиночная звезда, окруженная семьей планет, скорее всего является редким исключением в мире звезд». Эта аргументация представляется не очень убедительной особенно в свете последних открытий планет у других звезд. Распространенность двойных и кратных систем часто рассматривается как раз как аргумент в пользу наличия планетных систем у других звезд, ибо планетные системы представляют собой как бы предельный случай кратных систем с очень малыми массами невидимых компонентов (с. 409–410). Возникает, правда, вопрос о возможности жизни на планетах двойных звезд. Этот вопрос был решен еще в начале 1960-х годов: как показал Су-Шу Хуанг, в двойных системах могут существовать планеты с благоприятными для жизни условиями<sup>269</sup>. Наконец, в конце 1980-х годов активно обсуждалась гипотеза о том, что и наше Солнце — тоже двойная звезда (гипотеза о Немезиде). Что же касается аргумента, связанного со скоростью вращения звезд, то, независимо от интерпретации этого эффекта, он уже не имеет решающей силы, ибо в настоящее время протопланетные диски у звезд обнаружены с помощью инфракрасных наблюдений. Тем не менее, точка зрения Шкловского на распространенность планетных систем заслуживает серьезного внимания, ибо это точка зрения специалиста. Менее убедительной представляется его оценка факторов  $P_L$  и  $P_i$ . По существу, она сводится к указанию на то, что поскольку мы не знаем закономерностей возникновения и эволюции жизни, эти факторы могут быть сколь угодно малыми. Это действительно так: при неопределенности наших знаний такая оценка допустима, но она допустима в той же мере, как и противоположная ей оценка  $P_L \approx P_i \approx 1$ .

Возьмем, например, вероятность возникновения жизни  $P_L$ . Каковы основания к переоценке этого фактора? Шкловский обращает внимание на трудности в понимании процесса происхождения жизни и ссылается в этой связи на Ф. Крика. Но как раз Крик на Бюракан-

---

<sup>269</sup> Хуанг Су-Шу. Зоны обитаемости в окрестностях двойных звезд // Межзвездная связь. — М.: Мир, 1965. С. 100–109.

ской конференции SETI указал на необходимость различать вопрос о величине фактора  $P_L$  от надежности его определения. По его мнению, в силу недостаточности наших знаний, надежность в определении  $P_L$  низка, но это не значит, что сам фактор мал (мы уже неоднократно подчеркивали это обстоятельство). В годы становления проблемы SETI, когда давались первые оптимистические оценки фактора  $P_L$  (сам Шкловский неявно принимал его близким к единице), особое внимание уделялось возможности образования органических соединений. С большой остротой дискутировался вопрос об органических веществах в кометах и метеоритах. Вопрос же о том, как из простейших органических соединений получить живую клетку, в то время серьезно не обсуждался — не до того было. Сейчас первый этап пройден. Образование основных строительных блоков биохимии, из которых строится живая система, не составляет больше проблемы, а их наличие в метеоритах, кометах, в межзвездной среде, в областях звездообразования доказано непосредственными астрономическими наблюдениями. Это очень важный этап в понимании процесса происхождения жизни. Одновременно мы, ближе подойдя к решению второго этапа, более ясно осознали трудности этой проблемы. Да, сегодня мы не знаем, каким образом из основных строительных блоков биохимии возникает живая клетка, как начинает действовать механизм матричного копирования белков с помощью ДНК. Но если мы не понимаем какой-то процесс, не знаем его закономерностей, разве это означает, что вероятность реализации процесса мала? Мы и раньше не знали закономерностей этого процесса. И сейчас, как и тридцать лет назад, мы не можем исключить, что вероятность происхождения жизни исчезающе мала ( $P_L \rightarrow 0$ ). Но нельзя согласиться с тем, что теперь, решив первую часть задачи (связанную с органическими соединениями), мы получили более убедительные доказательства малости этого фактора. Скорее наоборот: мы преодолели один опасный поворот, где вероятность могла обратиться в ноль и где она, на самом деле, оказалась равной единице. Конечно, субъективная точка зрения (и субъективная оценка) того или иного автора может меняться, это вполне нормально, но никаких объективных оснований для переоценки факторов Дрейка у нас нет. Это не означает, что приведенные в предыдущем параграфе оценки хорошо обоснованы — просто нет достаточных оснований для их ревизии.

Вторая группа аргументов, на которые опирается Шкловский, связана с анализом проблемы «Космического чуда». Это вопрос о

том — почему молчит Вселенная, почему мы не наблюдаем следы деятельности высокоразвитых цивилизаций, почему ИХ нет на Земле. С подобных же позиций анализировал проблему и Харт. Мы обсудим ее в гл. 6. Забегая вперед, отметим, что анализ проблемы «Космического чуда» также не дает никаких оснований для вывода об уникальности нашей цивилизации.

Наконец, И. С. Шкловский привел этические доводы в пользу своей концепции. «Нам представляется, — пишет он, — что вывод о нашем одиночестве во Вселенной (если не абсолютном, то практическом) имеет большое морально-этическое значение для человечества. Неизмеримо вырастает ценность наших технологических и особенно гуманистических достижений. Знание того, что мы есть как бы “авангард” материи если не во всей, то в огромной части Вселенной, должно быть могучим стимулом для творческой деятельности каждого индивидуума и всего человечества. В огромной степени вырастает ответственность человечества перед исключительностью стоящих перед ним задач. Предельно ясной становится недопустимость атавистических социальных институтов, бессмысленных и варварских войн, самоубийственного разрушения окружающей среды.

Твердое осознание того, что никто нам не будет давать “ценных указаний”, как овладеть Космосом и какой стратегии должна придерживаться наша уникальная цивилизация, должно воспитывать чувство ответственности за поступки отдельных личностей и всего человечества. Выбор должны делать только мы сами».

Концепция уникальности нашей цивилизации, возрождающая старый спор о множественности обитаемых миров (правда, на совершенно иной, научной основе), не получила поддержки у специалистов, занимающихся проблемой SETI. С критикой ее выступили Н. С. Кардашев<sup>270</sup>, В. С. Троицкий и другие ученые<sup>271</sup>. Мы не будем пересказывать здесь их аргументы. Частично они были затронуты выше, частично будут рассмотрены в гл. 6. Заинтересованный читатель может познакомиться с ними в упомянутых работах. Отметим интересную полемику между И. С. Шкловским и С. Лемом, известным польским писателем-фантастом, опубликованную в журнале «Знание – сила» (1977. № 7. С. 40–42). Эта дискуссия тем более интересна, что ее участники хорошо знали и высоко ценили друг друга.

---

<sup>270</sup> Кардашев Н. С. О стратегии поиска внеземных цивилизаций // Вопросы философии. 1977. № 12. С. 43–54.

<sup>271</sup> Маковецкий П. В., Петрович Н. Т., Троицкий В. С. Проблема внеземных цивилизаций — проблема поиска // Вопросы философии. 1979. № 4. С. 47–59.

Касаясь первой группы аргументов, С. Лем подчеркивает, что они опираются исключительно на наше незнание: «Мы **не знаем**, возникла ли жизнь на Земле с той же необходимостью, с какой падает камень в поле тяготения, либо как выпадает главный выигрыш в лотерею. Мы **не знаем**, сколько планет с условиями, благоприятствующими возникновению жизни, вращается вокруг многих сотен миллиардов звезд, составляющих местную группу галактик. Мы **не знаем**, должна ли эволюция жизни закончиться появлением разумных существ, либо их возникновение только иногда может увенчать собой эволюционный путь. Мы **не знаем**, все ли разумные существа должны создать научно-технические цивилизации. Мы **не знаем**, занимаются ли такие цивилизации деятельностью, которая может быть обнаружена астрономическими методами».

Но разве незнание можно считать достаточным основанием, чтобы утверждать нашу уникальность? Мы уже не раз подчеркивали, что это не так. Незнание позволяет допустить нашу уникальность, но не доказывает ее; так же оно позволяет допустить множественность цивилизаций, но опять-таки не доказывает ее. Очень интересные и глубокие мысли высказаны Лемом по проблеме «Космического чуда». Мы отложим их обсуждение до гл. 6.

Отвечая Лему, Шкловский заключил: «Я далек от утверждения, что в своей статье **доказал** наше космическое одиночество. Я ставил перед собой значительно более скромную задачу: показать, что в настоящее время, характеризуемое огромными успехами астрономии, утверждение о нашем **практическом** одиночестве **значительно лучше** обосновывается конкретными научными фактами, чем традиционное, ставшее уже догматическим ходячее мнение о множественности обитаемых миров».

Хотя точка зрения Шкловского об уникальности нашей цивилизации не получила широкой поддержки специалистов, она стимулировала более глубокое обсуждение теоретических и философских основ проблемы. Большой резонанс вызвало обращение Шкловского к этическим проблемам. Мысль о том, что сознание уникальности нашей цивилизации должно увеличить ответственность человечества, оказалась очень привлекательной. Многие ученые и деятели искусства поддержали позицию Шкловского по этому вопросу. По мнению советского астрофизика А. В. Тутукова, «мировоззренческая роль этой мысли И[осифа] С[амуиловича] будет возрастать со временем. Мир находится перед выбором. Осознание своего единства перед лицом стоящих проблем, отказ от надежды на разумность естественной стихийной эволюции человечества, от-

каз от надежды на помощь извне необходим для начала конструктивного сотрудничества и развития земной цивилизации». На мой взгляд, с этой позицией трудно согласиться. Конечно, в решении своих проблем человечество должно рассчитывать на свои собственные силы, но, я думаю, это не зависит от того, существуют ли высокоразвитые цивилизации или нет, ибо помощь их может быть относительна<sup>272</sup>. Но вот чувство ответственности вряд ли возрастет от сознания своей уникальности. Как показывает исторический (и житейский) опыт, именно сознание своей «уникальности» и своей «авангардной» роли на Земле привело, к сожалению, к полной безответственности человечества и по отношению к земной природе, и по отношению к собственным социальным институтам. А сейчас уже заметна тенденция перенести эти отношения на весь Космос. Напротив, наличие в каком-то ареале нескольких человеческих обществ (семей, родов, племен, классов и т. д.) заставляет их регулировать свои отношения и по сохранению природы, и в социальном плане. Поэтому я думаю, что осознание присутствия внеземных цивилизаций в окружающем нас пространстве, напротив, должно лишь повысить ответственность человечества в решении внутренних и внешних проблем. Можно согласиться с точкой зрения Х. Шепли, который считает, что возможность существования ВЦ уже сейчас учит нас сотрудничеству на Земле не только между людьми разных уровней развития и рас, но и между существами разного порядка<sup>273</sup>. Изменение нашего отношения к дельфинам, на мой взгляд, является хорошей иллюстрацией этого положения. Осознание возможности существования ВЦ «подталкивает людей к осознанию глобальной целостности земного человечества; заставляет задуматься о перспективах и последствиях встречи с ВЦ и, соответственно, о будущих судьбах землян». Это помогает нам лучше разобраться в своих собственных земных делах, позволяя взглянуть на себя как бы со стороны<sup>274</sup>.

<sup>272</sup> «“Старшие” косвенным образом помогают “младшим”, но в такой мере, чтобы не нанести ущерба самостоятельности “младших”». (Долгин Ю. Разум Вселенной / На суше и на море. — М.: Мысль, 1968. С. 546.) Это проблема ученик–учитель. Можно ли научить человека решать математические задачи, если учитель будет решать их за ученика? Можно ли научить кораблевождению капитана, если не давать ему штурвал корабля? Только в самостоятельной работе окончательно складывается мастер.

<sup>273</sup> *Shapley H.* The View from a Distant Star. Man's Future in the Universe. — N. Y.–L., 1963.

<sup>274</sup> *Раскин В. Г., Аронов А. Б.* Гуманизм и космические цивилизации в свете идей К. Э. Циолковского // Труды XII Чтений К. Э. Циолковского. Секция «К. Э. Циолковский и философские проблемы освоения космоса». — М.: ИИЕТ АН СССР, 1997. С. 49–55. Цит. с. 50.



И. С. Шкловский твердо придерживался позиции уникальности до конца своей жизни. Правда, он неоднократно подчеркивал, что речь идет не об абсолютной, а о практической уникальности. Следует также отметить, что он никогда не выступал против развертывания работ по поиску ВЦ, а в частных беседах признавался, что первый бы радовался, если бы поиски увенчались успехом. Все же изменение позиции Шкловского (ведь он был одним из основоположников проблемы SETI и до 1975 г. в своих блестящих работах убедительно обосновывал идею множественности обитаемых миров) явилось для многих полной неожиданностью. До сих пор это обстоятельство продолжает волновать тех, кто интересуется проблемой SETI. Мне часто приходилось сталкиваться с подобными вопросами и на лекциях, и в частных беседах. Чтобы понять эволюцию взглядов Шкловского, думается, надо ближе познакомиться с ним как с личностью.

И. С. Шкловский был не только крупнейшим астрофизиком нашего времени. Он был человеком широко талантливым: хорошо рисовал, прекрасно знал поэзию, мог без конца наизусть читать стихи, обладал удивительным даром рассказчика и незаурядным литературным даром. Сборник его прекрасных воспоминаний, изданный уже после смерти автора<sup>275</sup> читается с неослабевающим, захватывающим интересом. Но все это характеризует его не в полной мере. Шкловский обладал редким качеством — он был мыслителем. Он серьезно интересовался глобальными проблемами современности задолго до того, как появился и получил права гражданства сам этот термин. Я думаю, именно этот интерес к глобальным проблемам заставил его обратиться и к проблеме SETI. Он указывал на необходимость изучения закономерностей развития космических цивилизаций, подчеркивал, что проблема ВЦ является, в первую очередь, проблемой социологической, что ее нельзя подменять более узкой проблемой связи с ВЦ, акцентируя при этом внимание на технических аспектах такой связи. Как мыслителя Шкловского не удовлетворяла наивная вера некоторых исследователей в то, что достаточно построить большой радиотелескоп и вековая проблема контакта с ВЦ будет решена. Он называл такую точку зрения «подростковым оптимизмом», и мне кажется, она вызывала у него известное раздражение. Может быть, эта неудовлетворенность, этот внутренний протест против упрощенно-

<sup>275</sup> Шкловский И. Эшелон. Невыдуманные рассказы. — М.: Новости, 1991. 222 с.

го подхода к проблеме породил разочарование и, тем самым, сыграл определенную роль в эволюции взглядов на проблему ВЦ.

Надо сказать, что вопреки распространенному мнению, отношение Шкловского к проблеме ВЦ с самого начала было проникнуто духом пессимизма. Уже в первых работах он подчеркивал преимущественность короткой шкалы жизни ВЦ и, именно, в этом видел объяснение отсутствия «космических чудес». Впоследствии он признал, что фатальной неизбежности короткой шкалы для всех цивилизаций не существует. Мне кажется, именно после переосмысления этой проблемы (по времени это совпало с первой советско-американской конференцией СЕТИ в Бюракане в сентябре 1971 г.) Шкловский начинает склоняться к мысли об уникальности нашей цивилизации. Таким образом, пессимистическое отношение к проблеме существования ВЦ нашло новую форму выражения, трансформировавшись от идеи о короткой шкале жизни цивилизаций к идее практической уникальности нашей земной цивилизации. Думается, что в таком переходе нет резкого, принципиального изменения взглядов, скорее, это просто смещение акцентов.

В чем же причина глубоко пессимистичного взгляда Шкловского на проблему ВЦ? Быть может, я выскажу весьма субъективную точку зрения. Мне кажется, одна из причин состоит в том, что Шкловский никогда не был безразличным к судьбе нашей земной цивилизации. Остро ощущая противоречия современного мира, всю нецелесообразность, неустроенность жизни на планете, раздираемой внутренними противоречиями, он пришел к ощущению крайнего пессимизма во всем, выражением которого и явилась его идея об уникальности (одиночестве) нашей цивилизации, а позднее — идея о тупиковом пути развития, связанным с приобретением разума. Я думаю, в этом проявилась идейная драма крупного ученого и гражданина, мысль которого не могла смириться с тем, что он видел, и который на какой-то момент потерял светлую перспективу.

Возвращаясь к существу проблемы, мы должны констатировать, что концепция уникальности и в ее современной форме, которую придали ей Харт и Шкловский, остается, по меньшей мере, спорной, чтобы не сказать — мало обоснованной. Она не позволяет внести ясность в вопрос о множественности обитаемых миров. Новый подход к этой проблеме связан с применением антропного принципа.

#### 4.5. Антропный принцип и множественность обитаемых миров

Изучение природы рождает и укрепляет в человеке веру в многочисленность обитаемых миров.

К. Фламмаринон

Хотя вопрос, который привел к формулировке антропного принципа, как уже отмечалось (§ 3.5), в своей исходной постановке был далек от каких бы то ни было соображений о распространенности жизни и разума во Вселенной, его нельзя считать полностью нейтральным по отношению к этой проблеме. Можно выделить два аспекта приложения АП к проблеме жизни во Вселенной: 1) это вопрос о множественности *обитаемых* миров-вселенных, т. е. существуют ли в ансамбле миров обитаемые вселенные, и как часто они встречаются; 2) обитаемость нашей Вселенной.

Мы видели, что наблюдаемые в нашей Вселенной значения жизненно важных констант (таких, как масса электрона  $m_e$ , разность масс нейтрона и протона  $\Delta m$  и др.) являются «гигантскими флуктуациями». Следовательно, вероятность возникновения *именно такой* вселенной очень мала. Почему же тогда возникла наша Вселенная? Является ли этот процесс случайным или закономерным, управляемым? Если допустить чисто случайную реализацию начальных условий (что само по себе требует обоснования), то вселенные с пригодными для существования человека условиями должны быть крайне редки. Но это не означает, что в других, чаще встречающихся вселенных не может быть каких-то иных «экзотических» (с нашей точки зрения) форм жизни и разума. Согласно А. М. Мостепаненко, такие «неантропоморфные» формы жизни и разума вполне могут существовать в других вселенных с иными физическими законами, топологическими свойствами пространства-времени и мировыми константами<sup>276</sup>. Однако какая-то часть вселенных может быть лишена жизни. Если же процесс выбора начальных условий не случаен, то тогда все вселенные из ансамбля миров могут быть обитаемыми. Эта проблема остается для нас пока чисто умозрительной.

Вопрос о существовании жизни в нашей Вселенной в свете антропного принципа приобретает новую окраску. Прежде всего ант-

<sup>276</sup> Мостепаненко А. М. Проблема «возможных миров» в современной космологии // Вселенная, астрономия, философия. — М.: Из-во Моск. ун-та, 1988. С. 79–89. См. с. 83–84.

ропный принцип, как отметили В. В. Рубцов и А. Д. Урсул, устанавливает существование такого внешнего набора условий, без которого жизнь на Земле не могла бы возникнуть даже в результате редчайшего совпадения благоприятных обстоятельств. Но этим значение АП для обсуждаемой проблемы не исчерпывается. Он позволяет, в частности, по-новому переосмыслить известное изречение Метродора о колесе (§ 4.1). Почему аргументация Метродора представляется мало убедительной для современного человека? Потому что она воспринимается лишь как апелляция к беспредельности пространства. Ассоциация Вселенной с плодородной (да еще засеянной!) пашней не принимается во внимание, мы склонны рассматривать ее просто как некий безосновательный поэтический образ. Ведь логически допустима и другая возможность — беспредельная Вселенная, подобная безжизненной каменистой пустыне, где чудом образовался единственный оазис, в котором расцвела жизнь. Многие склонны видеть в нашей планете именно такой оазис. Образ пустынного, холодного, враждебного человеку Космоса, стремящегося поглотить человека, довольно прочно укрепился в сознании людей. Возможно, отчасти его питают астрономические данные о пустоте (практической пустоте или ничтожной плотности вещества) межзвездного пространства, об абсолютном холоде (температура близка к абсолютному нулю) и о губительных излучениях (ультрафиолетовое излучение, космические лучи), пронизывающих космическое пространство. При отсутствии подтверждений о существовании жизни в Солнечной системе и распространенном скептицизме в отношении возможности существования жизни за ее пределами (скептицизме, который обосновывается определенными научными аргументами) эти данные астрономии способствуют формированию подобного образа Космоса. Так, древняя идея борьбы Космоса и Хаоса трансформировалась: Космос, в сознании людей, превратился в Хаос, а человек (во главе земной жизни) — в единственную силу, противостоящую разрушительным силам «космоса-хаоса».

Антропный принцип позволяет преодолеть этот образ враждебного человеку Космоса. Новые данные, полученные в русле исследований АП, делают такое представление несостоятельным. Когда мы видим, что Вселенная в целом удивительно тонко приспособлена для жизни (и для человека), трудно сохранить образ Космоса как безжизненной пустыни с единственным чудом сотворенным оазисом. Если наше научное восприятие мира мешает нам видеть (по-

добно древним пантеистам) жизнь в каждой частице Космоса и в каждой точке космического пространства, то мы можем легко допустить существование других оазисов жизни во всех «плодородных» местах Вселенной. Теперь, отталкиваясь от изречения Метродора, мы можем поставить проблему таким образом: *может ли быть так, что самые глубокие, фундаментальные свойства Вселенной в целом делают ее пригодной для существования жизни (и человека), а реализуется эта возможность только в одной (ничтожной!) части Вселенной?*

Это представляется совершенно невероятным. Продолжая нашу аналогию, можно представить, что, путешествуя по пустыне, мы встретим там одинокий оазис или хижину одинокого отшельника. Но довольно странно представить гигантскую строительную площадку, с развитой системой дорог, линиями электропередач и другими инженерными коммуникациями, на которой где-то в одном месте возведен единственный маленький коттедж. И все эти дороги, коммуникации, которые могут обеспечить целый город, обслуживают лишь один-единственный домик. Может ли быть Вселенная подобна такой строительной площадке? Неужели Природа столь чудовищно, столь неразумно расточительна? Нет, если уж Природа распорядилась создать *такую* Вселенную, так тонко приспособленную для жизни, то жизнь в ней должна быть распространенным явлением.

Таким образом, вопреки попыткам трактовать антропный принцип в духе антропоцентризма (см. п. 3.5.4), он не только не противоречит принципу Бруно, но и дает убедительные аргументы в пользу множественности обитаемых миров. Как справедливо отмечают Л. М. Мухин и Л. С. Марочник, антропный принцип, с точки зрения и физики, и философии, «отвергает возможную уникальность земной жизни. С позиций современной теоретической физики и наблюдательных астрофизических данных этот принцип подкрепляет великое предвидение Джордано Бруно о множественности обитаемых миров»<sup>277</sup>.

Дополнительные аргументы в пользу широкой распространенности разумной жизни возникают в свете «генной модели» развития Вселенной, о которой упоминалось в предыдущей главе (п. 3.5.3). С позиций этой модели, жизнь и разум, будучи закодированы в

---

<sup>277</sup> Марочник Л. С., Мухин Л. М. Галактический пояс жизни // Природа. 1983. № 11. Цит. с. 54.

«Мировом Яйце» (сопоставляемом с Сингулярностью), с неизбежностью должны возникать во всех областях Вселенной, где реализуются необходимые и достаточные условия. При наличии общих для всей Вселенной предпосылок возникновения жизни (и разума) нет никаких оснований считать, что лишь на Земле реализовался комплекс достаточных условий. Более того, с позиций глобального эволюционализма и «генной модели» развития Вселенной, сами условия в соответствующих местах Вселенной естественно созревают в ходе развертывания эволюционного процесса.

Если все это не так, то почему же все-таки молчит Вселенная? Нам остается обсудить эту проблему. Но вначале мы рассмотрим вопрос о закономерностях развития космических цивилизаций.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Фламарион К.* Жители звезд или многочисленность обитаемых миров. — М., 1909. 240 с. (см. примечание на с. 333).
2. *Dick S. J.* Plurality of Worlds. — Cambridge, 1984. 246 p.
3. *Еремеева А. И.* Астрономическая картина мира и ее творцы. — М.: Наука, 1984. 224 с.
4. *Шепли Х.* Звезды и люди. — М.: ИЛ, 1962. 152 с.
5. *Опарин А. И., Фесенков В. Г.* Жизнь во Вселенной. — М.: Изд-во АН СССР, 1956. 224 с.
6. *Фесенков В. Г.* Жизнь во Вселенной. — М.: Знание, 1964. 55 с.
7. *Фирсов В.* Жизнь вне Земли. — М.: Мир, 1966. 387 с.
8. *Тейяр де Шарден П.* Феномен человека. — М.: Наука, 1987. 240 с.
9. *Хоровиц Н.* Поиски жизни в Солнечной системе. — М.: Мир, 1988. 187 с.
10. *Ксанфомалити Л. В.* Парад планет. — М.: Наука, 1997. 256 с.

См. также источники из списка литературы к гл. 1:

- Шкловский И. С.* Вселенная, жизнь, разум. — М.: Наука, 1987. Часть II. Жизнь во Вселенной. С. 129–200.
- Голдсмит Д., Оуэн Т.* Поиски жизни во Вселенной. — М.: Мир, 1983. Часть III. Жизнь. Часть IV. Поиски жизни в Солнечной системе. С. 171–363.