

Как объяснить тот разум, который живет во всем необъятном размере и во всех проявлениях Космоса?

«Беспредельность»

Название этой главы может показаться чересчур смелым. Когда мы говорили об эволюции звезд, галактик, даже всей Вселенной, мы могли опираться на астрономические наблюдения. А на что можно опереться, говоря об эволюции космических цивилизаций? Ведь мы имеем перед собой единственный (и, возможно, далеко не типичный) пример нашей собственной земной цивилизации. Тем не менее, пытаясь рассуждать о возможностях поиска, контакта и связи с внеземными цивилизациями, мы должны иметь какие-то представления о характере и уровне их развития. Прежде всего следует уточнить, что мы вкладываем в понятие «внеземная», или «космическая» цивилизация.

5.1. Что такое космическая цивилизация

При анализе разумной жизни во Вселенной современная наука оперирует понятием «цивилизация»; равновеликое понятие «культура» почти не используется. Это отражает преимущественно технологический подход к проблеме.

Под космической цивилизацией (КЦ) понимается любая цивилизация во Вселенной, включая нашу земную цивилизацию. Последняя, таким образом, рассматривается, как частное проявление общекосмического феномена, как одна из космических цивилизаций. Подобное рассмотрение очень важно и может оказаться весьма плодотворным для понимания природы нашей земной цивилизации, для понимания природы человеческой культуры. Что же такое кос-

мическая цивилизация? Можно выделить три различных подхода к определению понятия КЦ. Самый общий, философский подход сводится к представлению о КЦ как о высокоорганизованной материи во Вселенной. Это, несомненно, верно, но чрезмерная общность такого подхода не позволяет сделать каких-либо конструктивных выводов в отношении интересующих нас вопросов. Более плодотворны два других подхода: экстраполяционный и системный.

При экстраполяционном подходе космическая цивилизация представляется как нечто аналогичное нашей земной цивилизации: как общество разумных существ, возникшее на каком-то космическом теле (или в какой-то космической среде), подобное человеческому обществу, но отличающееся от него по уровню технологического, научного и духовного развития. При таком подходе понятие КЦ тесно связано с понятием «разумное существо», которое, в свою очередь, нуждается в определении, особенно когда речь идет о внеземном разуме. В этом слабость экстраполяционного подхода. Но достоинство его состоит в том, что он опирается на известное нам проявление феномена — человеческую цивилизацию, пытаясь нащупать наиболее общие закономерности и прийти к обобщениям, справедливым для других цивилизаций. Так, по мнению Э. С. Маркаряна, суть цивилизаций состоит в способности живых разумных существ вырабатывать систему *внебиологических* по своему источнику средств и механизмов (таких, как материально-техническая база, язык, мораль, право, социальные институты и т. д.) для активной адаптации к среде и поддержания своей коллективной жизни.

В. С. Троицкий подчеркивает, что понятие КЦ должно основываться прежде всего на понятиях «жизнь» и «разум»²⁷⁸. Развивая определение А. А. Ляпунова, он рассматривает жизнь как высокоорганизованное самовоспроизводящееся состояние материи, которое поддерживается благодаря обмену с внешней средой веществом, энергией и информацией (кодируемой состоянием молекул). Последнее справедливо, конечно, лишь для молекулярной жизни. На определенной стадии развития жизни в сообществе живых существ возникает разум; он формируется в процессе труда и общественных отношений и является, таким образом, социальной категорией. Характерной функцией разума является обмен информацией с внешней средой и между отдельными особями (индивидами). Обмен информацией с

²⁷⁸ Троицкий В. С. Развитие внеземных цивилизаций и физические закономерности / Проблема поиска внеземных цивилизаций. — М.: Наука, 1981. С. 5–29.

внешней средой состоит в том, что живой разумный организм, получая информацию от внешней среды непосредственно через свои рецепторы (органы чувств) или посредством технических устройств, анализирует эту информацию, делает определенные выводы и, соответственно, воздействует на среду. Это воздействие, по сути, и есть процесс труда (частным случаем которого является научный эксперимент). Обмен информацией с внешней средой приводит к возникновению науки, техники, производства. «Все созданное человеком во внешнем мире, — пишет Троицкий, — является зафиксированным результатом обратного потока информации от субъекта к объекту или, иначе говоря, материализованной информацией»²⁷⁹. Поскольку речь идет о *сообществе* разумных существ, взаимодействие с внешней средой осуществляется путем коллективных действий членов сообщества. А это невозможно без обмена информацией между ними. Обмен информацией между индивидами идет как обмен понятиями без их материализации. (Причем сами понятия формируются в процессе коллективного взаимодействия с внешней средой.) Так возникает более высокий уровень обмена информацией по сравнению с живыми системами — переход от кодирования информации состоянием молекул к кодированию с помощью абстрактных понятий. Это важнейшее свойство разума. Троицкий определяет его, именно, как способность живой материи к обмену информацией, кодируемой с помощью абстрактных понятий.

В сообществе разумных существ, благодаря их социальной деятельности, осуществляется обмен вещества, энергии и информации как с внешней средой, так и внутри самого сообщества. Это позволяет подойти к понятию «цивилизация». Согласно Троицкому, цивилизация — организованная, самоуправляемая общность большого числа разумных существ, использующих обмен информации, энергии и массы для поддержания своей коллективной жизни и прогрессивного развития. «Цивилизация — это определенная ступень организации разумной жизни, по существу новый живой организм, состоящий из множества особей, образующих социальную форму движения материи, социальный разум»²⁸⁰. В отличие от биологического организма обмен внутри цивилизации (и ее обмен с внешней средой) определяется не биохимическими, а социальными закономерностями. Такое представление о цивилизации переключи-

²⁷⁹ Цит. работа. С. 9.

²⁸⁰ Там же. С. 11.

кается с некоторыми философскими идеями прошлого, в частности, с идеями немецкого физика, психолога и философа Г. Т. Фехнера (1801–1887), который считал, что Земля должна иметь коллективное сознание, слагающееся из сознания отдельных живых существ, обитающих на ней, но стоящее на качественно более высоком уровне. Ближе это и к идеям В. И. Вернадского о ноосфере. Применительно к КЦ такое представление о цивилизации как о едином организме, обладающем единым коллективным сознанием, единым коллективным разумом, очень важно, ибо в отношениях с другими цивилизациями КЦ выступает, именно, как единый организм. В этом смысле (но только в этом смысле!) нет принципиальной разницы между Сообществом разумных существ и Мыслящим Океаном С. Лема или Мыслящим Облаком Ф. Хойла.

Изложенная концепция Троицкого, наряду с экстраполяционным, содержит и черты системного подхода. При системном подходе КЦ рассматривается как некая сложная структура или система, обладающая определенными функциональными свойствами.

В качестве таких свойств различными авторами назывались: 1) способность к целенаправленным действиям; 2) активное преобразование окружающего мира, способность создавать и совершенствовать условия своего развития, способность преобразовывать самое себя; 3) накопление и отбор информации, способность анализировать прошлое, настоящее и будущее, вырабатывая сохраняющие и прогнозирующие реакции; 5) способность к абстрактному мышлению, к построению модели мира с помощью абстрактных понятий. Перечисленные свойства, несомненно, в какой-то степени характеризуют космические цивилизации, но взятые в отдельности они не являются специфическими для КЦ. Например, накопление и отбор информации, выработка сохраняющих (и отчасти прогнозирующих) реакций свойственна каждому живому организму. Многие животные способны к целенаправленным действиям. Способность преобразовывать самое себя в ходе биологической эволюции свойственна биологическому виду. Система живых организмов активно (хотя и неосознанно) преобразует окружающий мир. А ЭВМ оперирует абстрактными категориями.

Следовательно, задача состоит в том, чтобы определить совокупность функциональных свойств, которую можно было бы считать достаточной для определения КЦ. При этом важно указать и масштаб деятельности такой системы.

Разумеется, дать исчерпывающее определение КЦ в виде точной формулировки очень сложно (а может быть, и невозможно). В качестве некоторого приближения можно было бы принять такое

определение: КЦ — сложная, высокоорганизованная система, действующая в масштабе не менее планетарного, способная к целенаправленным действиям, способная познавать окружающий мир (и самое себя), т. е. строить модели мира с помощью абстрактных понятий, используя результаты познания в целях дальнейшего совершенствования системы.

Как же установить, что система относится к классу КЦ? В качестве мыслимого теста можно использовать *критерий диалога*, который предлагался в связи с проблемой «машинного разума». Применительно к нашей проблеме, этот критерий можно было бы сформулировать следующим образом: будем считать, что две сложные, высокоорганизованные системы, действующие в космическом масштабе, относятся к классу КЦ, если они (или какие-то из их подсистем) потенциально способны, хотя бы в определенных условиях (например, при непосредственном контакте) и после надлежащего обучения, обмениваться смысловой, содержательной информацией, *вести диалог* на абстрактные темы, в частности, о своем понимании, о своей модели окружающего мира (и их самих как части этого мира). В более узком смысле, применительно к задаче обнаружения ВЦ, под цивилизацией можно понимать космическую систему, способную к целенаправленной передаче информации по каналам связи. Вопрос о ее субстрате, структуре, организации и других свойствах, с этой точки зрения, не имеет существенного значения. Такой узкоутилитарный подход дает определенное основание для построения теории SETI/СЕТИ, однако он оставляет в стороне многие важные вопросы.

Можно думать, что элементом цивилизации как системы являются относительно автономные (и тоже достаточно сложные) подсистемы — отдельные «индивиды» или «разумные существа». Тогда цивилизацию можно мыслить как «общество» разумных существ, а «разумное существо» — как элемент более сложной системы, цивилизации. Это сближает системный подход с экстраполяционным. Подобный подход содержится, например, в работах И. М. Крейн²⁸¹.

²⁸¹ Крейн И. М. Опыт построения модели развития систем одного типа до уровня «разумности». Препринт Института кибернетики АН УССР. — Киев, 1977. 48 с. Она же. «Разумные» системы в стационарных случайных средах различных типов. Препринт 81–14. — Киев, 1981. 23 с. Она же. Проблема контакта человека с «разумными» высокоорганизованными системами. Препринт 81–46. — Киев, 1986. 26 с. Она же. «Разумные» системы сложного устройства в средах сложных конструкций. Препринт 88–53. — Киев, 1988. 37 с. Она же. Принципиальные моменты проблемы контакта человека с вземными цивилизациями / Проблема поиска вземных цивилизаций. — М.: Наука, 1981. С. 172–185.

Опираясь на теорию конечных автоматов М. И. Цейтлина (и развивая эту теорию), она рассматривает цивилизацию как систему конечного числа отдельных индивидов с ограниченным сроком жизни и способностью к самовоспроизведению, набор действий которых не фиксирован, т. е. может включать самые разнообразные проявления. Индивиды действуют во внешней среде. Все реакции среды относятся к числу благоприятных или неблагоприятных в зависимости от того, способствуют ли они или препятствуют самосохранению и самовоспроизведению. Целесообразность поведения заключается в уменьшении числа неблагоприятных реакций и увеличению числа благоприятных. Сведения о целесообразности каждого действия составляют *опыт* индивида. Другой важной характеристикой индивида является *глубина памяти*. Она определяется длиной последовательности входных сигналов, под действием которых индивид меняет свое поведение. Почему это называется глубиной памяти? Ясно, что прежде чем отреагировать на последовательность входных сигналов, индивид должен «запомнить» эту последовательность и сравнить ее со своим опытом (накопленной информацией), чтобы выбрать тот или иной вариант целесообразного поведения. Индивид с небольшой глубиной памяти может реагировать лишь на самые простые ситуации. Чем больше глубина памяти, тем богаче опыт индивида и тем более сложные ситуации он может анализировать. Если время жизни индивида не ограничено, то в стационарной случайной среде (где для каждого действия существует фиксированная вероятность успеха) целесообразность поведения индивида возрастает с ростом глубины памяти (и объема опыта). В пределе, при неограниченном увеличении глубины памяти, поведение индивида становится максимально целесообразным, как если бы он заранее знал ответ решаемой задачи.

Иное дело для индивида с конечным временем жизни. В стационарной среде такой индивид также будет стремиться к неограниченному увеличению глубины памяти и объема опыта для повышения целесообразности своего поведения, но из-за ограниченности срока жизни он не может реализовать это стремление. Следовательно, и целесообразность его поведения не может возрастать неограниченно, она достигает некоторого предела, превзойти который индивид не может. Это противоречие между необходимостью неограниченного увеличения объема опыта и глубины памяти и ограниченными возможностями каждого отдельного индивида является для него неразрешимым. Но если индивиды, способные к самовоспро-

изведению, объединяются в систему, то время ее жизни может быть, в принципе, неограниченным. Поэтому появляется возможность неограниченного наращивания опыта системы (увеличения целесообразности ее поведения). Как реализуется эта возможность? Для неограниченного накопления опыта необходима память, которая не зависела бы от конечности бытия отдельных индивидов. Следовательно, она должна быть *внешней* по отношению к ним, в отличие от внутренней памяти каждого индивида. Системы, обладающие потенциальной возможностью преодоления отмеченного противоречия путем создания внешней памяти, И. М. Крейн предлагает назвать **разумными**, а системы, реализующие эту возможность, она называет **цивилизациями**. Для того чтобы пользоваться внешней памятью, разумная система должна создать соответствующее средство. Таким средством, согласно И. М. Крейн, является **язык**. Он позволяет каждому индивиду использовать коллективный опыт системы, а также сделать свой индивидуальный опыт достоянием коллективного опыта системы.

Организация внешней памяти системы приводит к проблемам, связанным с умением пользоваться ею и правом получить доступ к ней. Мы не будем останавливаться на этих вопросах. Отметим только, что, согласно Крейн, целесообразность поведения системы, у которой для части членов существует запрет на умение пользоваться внешней памятью или на право доступа к ней, будет ниже, чем для систем, у которых таких запретов не существует. А система, у которой после создания внешней памяти будет полный запрет на пользование ею, по определению, перестает быть цивилизацией.

Таково первое приближение к определению понятий «разумная система» и «цивилизация». Дальнейшее развитие теории (в частности, введение в рассмотрение более сложной внешней среды) приводит к выявлению новых противоречий, преодоление которых, шаг за шагом, позволяет обогатить эти понятия, наполнить их новым содержанием. При этом последовательно вводятся такие понятия, как «мышление», «картина мира», «сознание», «самосознание», типы поведения и другие, в том числе этические, категории.

Не намереваясь излагать теорию в полном виде, попытаемся проиллюстрировать метод ее построения. Создание внешней памяти может привести к столь значительному увеличению объема системы, что каждый отдельный индивид (опять-таки в силу ограниченности своей жизни) может просто не успеть найти и получить необходимое ему знание из

коллективного опыта системы. В конце концов, рано или поздно это вновь приведет к невозможности увеличения опыта и, как следствие, к застою системы. Чтобы избежать застоя, необходимо создать внешние *средства* поиска и получения информации из коллективного опыта системы. Только такие системы, которые создадут подобные средства, можно отнести к классу цивилизаций, а членов таких систем, умеющих пользоваться такими средствами, согласно Крейн, можно назвать «цивилизованными индивидами».

Следующее фундаментальное противоречие связано с использованием нового (еще не проверенного) опыта. Оно вызывается, с одной стороны, необходимостью неограниченного увеличения нового опыта (для повышения целесообразности поведения), а с другой — той опасностью, которую этот опыт может представлять как для отдельных индивидов, так и для системы в целом. Задача состоит, следовательно, в том, чтобы найти такой способ увеличения нового опыта, который позволил бы преодолеть это противоречие. И. М. Крейн называет этот способ «мышлением». Имея в виду отмеченное противоречие, мы можем отнести к разумным системам такие, которые обладают потенциальной способностью, **благодаря «мышлению»**, преодолеть это противоречие, а к цивилизации — системы, реализующие эту возможность.

Далее, для оценки нового опыта система должна иметь возможность сопоставить его с прошлым опытом. Необходимость использования прошлого опыта приводит к понятию «картины мира». Согласно Крейн, это циркулирующий в системе структурированный, упорядоченный опыт, и построенное на его основе индивидуальное, групповое и коллективное (т. е. для всей системы в целом) поведение. Благодаря наличию «картины мира» получение нового опыта априори оказывается ограниченным. Это является источником нового противоречия — между хранящейся в коллективной памяти системы «картиной мира» и возможностью неограниченного увеличения нового опыта. Противоречие разрешается с помощью **«творческого мышления»**, в отличие от «мышления» репродуктивного, при котором полученный опыт не вступает в противоречие с «картиной мира» системы. «Творческое мышление» дает системе возможность оптимизации индивидуального, группового и коллективного поведения. И. М. Крейн рассмотрела возможные варианты отношения системы к новому опыту и выделила 4 типа «мышления»: узкоэкспериментаторское, прагматическое, традиционное и консервативное.

Новый опыт не всегда может быть использован для изменения «картины мира» в ближайшее время. Тем не менее, его надо обязательно сохранить в памяти системы. Это становится источником нового противоречия — между упорядоченным опытом, хранящимся во внешней и внутренней памяти системы и новым опытом, полученным на основе «творческого мышления». Чтобы преодолеть это противоречие, язык разумных систем должен обладать таким способом представления опыта в коллективной памяти системы, который дает ей потенциально неограниченную возможность накопления упорядоченного опыта. А это, в свою очередь, приводит к необходимости создания *знаковых систем*.

По мере роста упорядоченности системы расширяется и само понятие «опыт», в него включается опыт по упорядочению и организации индивидуального и коллективного поведения. Чтобы преодолеть возникающие здесь противоречия, система должна обладать свойством регуляции поведения своих членов. Развитие этих идей приводит к понятиям «сознания» и «самосознания» (индивидуального, группового и коллективного), а также к понятию «саморегуляция». В рамках развитого формализма рассмотрены различные модели поведения: рациональное, кооперативное, альтруистическое, жертвенное, авантюристическое, безответственное, индивидуалистическое, эгоистическое, паразитическое, агрессивное, хищническое. И. М. Крейн приходит к выводу, что целесообразности поведения систем, членам которых свойственны альтруизм, кооперация и рационализм, должна быть существенно выше целесообразности действия систем с другими типами поведения. А у систем, членам которых свойственны безответственность, агрессивность, авантюризм, паразитизм и хищничество, срок существования должен быть принципиально ограничен, такие системы обречены на гибель.

Предложенный И. М. Крейн подход позволяет смотреть на космические цивилизации не через призму единственно известной нам формы проявления разума, а через «магический кристалл» общей теории «разума», строящейся методом продвижения от абстрактного к конкретному. Теория справедлива для целого класса систем, которые можно назвать «антропоморфными», имея в виду, что человеческий разум относится к тому же классу, представляет его частный случай. «Мы привыкли рассматривать человека, — пишет Крейн, — как члена определенной национальности, расовой, социальной и других групп. Настало время рассматривать Человека как представителя “Разума”. Осознание себя носителем “Разума”... должно содействовать консолидации человечества как “разумной” системы»²⁸².

Возможно, некоторые положения концепции И. М. Крейн покажутся спорными, однако сам подход представляется интересным и плодотворным. Характерная черта этой концепции — тесная связь понятий «разумная система» и «цивилизация». Отметим, что разум рассматривается здесь (как и во многих других работах по проблеме SETI), главным образом, как рассудочный механизм (рассудочный ум, интеллект), оперирующий логическими категориями. Высшие формы разума, проявлением которых является озарение, интуиция и т. д., остаются пока вне поля зрения. Хотя введение

²⁸² Крейн И. М. «Разумные» системы сложного устройства в средах сложных конструкций. Препринт. — Киев, 1988. 37 с. Цит. с. 36.

категории «творческого мышления» — важный шаг в направлении к высшим функциям разума.

Вернемся, однако, к вопросу об уровне развития космических цивилизаций. Вероятно, бесполезно пытаться представить себе внутренний мир КЦ, но можно поставить вопрос об уровне их технического развития, имея в виду энергетику, массу и информацию, вовлеченную в сферу их материальной производственной деятельности. Этот вопрос, хотя и с трудом, поддается изучению, поскольку здесь можно выявить определенные пределы и ограничения, вытекающие из естественных законов природы. Так физические условия существования КЦ определяют те рамки, в пределах которых развиваются технические цивилизации и за пределы которых они не могут выйти, не впадая в противоречие с законами физики. Можно думать, что в развитии каждой цивилизации существуют специфические черты, наряду с которыми действуют общие, универсальные законы развития, справедливые для любой КЦ. Построение теории космических цивилизаций — дело будущего. Но какие-то самые общие проявления универсальных закономерностей можно попытаться нащупать уже теперь. Для этого используются два пути: 1) изучение и прогнозирование наиболее общих тенденций развития нашей земной цивилизации (экстраполяционный метод) и 2) изучение генеральных принципов строения, функционирования и эволюции сложных самоорганизующихся систем (системный подход). Остановимся вначале на первом пути.

5.2. «День страшного суда», или чему учит земной опыт

При исследовании земного опыта главная проблема состоит в выделении наиболее общих тенденций развития, которые можно было бы распространить на другие цивилизации. Поскольку речь идет о попытке прогнозирования, здесь анализ возможного развития КЦ тесно соприкасается с футурологической проблематикой. Следует иметь в виду одну важную особенность приложения футурологии к проблеме SETI. Она связана с глобально космической точкой зрения, при которой многие важные детали развития человеческого общества не имеют существенного значения. Например, при изучении энергетического потенциала цивилизаций можно не интересоваться деталями размещения энергетических ресурсов. Важно лишь

общее количество энергии, которое может использовать технически развитая цивилизация, не входя в противоречие с законами физики и не нарушая экологического равновесия. Точно так же при изучении проблемы народонаселения многие важные для демографии вопросы, такие как: изменение соотношения между городским и сельским населением, миграция, изменение расового и национального состава, особенности, относящиеся к отдельным регионам, и т. д. — в данном случае несущественны. Представляет интерес и имеет значение только общая динамика роста и ограничения глобально-космического порядка. Аналогичный подход применяется иногда и в глобалистике. Надо сказать, что исследования в области SETI в этом отношении опередили глобалистику примерно на десятилетие, хотя, конечно, они никогда не доводились до столь подробных моделей, как это сделано в последней.

Хорошо известно, что развитие земной цивилизации в современную эпоху происходит *экстенсивно*. Оно сопровождается ростом всех важнейших показателей развития: рост народонаселения, рост энергопотребления, накопление продуктов промышленного производства, накопление научной информации и др. Причем рост этих показателей происходит экспоненциально или даже быстрее, чем экспоненциально. К чему может привести такое развитие и как долго оно может продолжаться? Это в значительной степени определяется свойствами экспоненты.

5.2.1. Экспонента и ее свойства. Мы уже неоднократно встречались с экспонентой на страницах этой книги. Познакомимся с ней немного подробнее.

Пусть некий показатель изменяется со временем экспоненциально:

$$Q(t) = Q_0 e^{\alpha t}. \quad (5.1)$$

В этом выражении e — основание натуральных логарифмов, константа, равная 2,71828..., α — постоянная величина, имеющая размерность t^{-1} , Q_0 — значение величины Q в начальный момент времени $t = 0$. В дифференциальной форме экспоненциальный закон роста имеет вид

$$dQ = \alpha Q dt. \quad (5.2)$$

То есть абсолютное приращение dQ величины Q за малое время dt пропорционально значению этой величины $Q(t)$ в рассматриваемый момент времени. Относительное приращение $dQ/Q = \alpha dt$; при $dt = 1$ $dQ/Q = \alpha$. Следовательно, α представляет собой относительное приращение Q в единицу времени. Величина α часто выражается в процентах, это может

быть годовой прирост производства угля, нефти и т. д. Если $\alpha \ll 1$ (но только в этом случае!), вместо выражения (5.1) можно использовать формулу сложных процентов:

$$Q(t) = Q_0(1 + \alpha)^t. \quad (5.3)$$

Важной характеристикой экспоненты является период удвоения. Это время, в течение которого экспоненциально возрастающая величина увеличивается вдвое. Период удвоения τ связан с относительным приращением α :

$$\tau = \frac{\ln 2}{\alpha} = \frac{0,693}{\alpha}. \quad (5.4)$$

Так относительному приросту 1% в год соответствует время удвоения 69 лет, относительному годовому приросту 3% соответствует время удвоения 23 года и т. д. С учетом времени удвоения выражение (5.1) можно переписать в виде

$$Q(t) = Q_0 2^{t/\tau}.$$

Рассмотрим накопление величины Q , возрастающей по экспоненциальному закону. Пусть это будет население некоего вымышленного города. Предположим, что он был основан 500 лет назад, население его в тот момент составляло 100 человек и с тех пор неуклонно увеличивалось с постоянным годовым приростом 2%. При таком темпе роста к настоящему времени оно достигнет 2,2 млн чел. Как будет увеличиваться население в будущем? Поскольку годовому приросту 2% соответствует время удвоения 35 лет, это значит, что через 35 лет население города удвоится. То есть за 35 лет население увеличится на столько же, на сколько оно возросло за все 500 лет предыдущего развития! Следующие 35 лет оно вновь удвоится, и т. д. — таков характер экспоненты. Теперь представим себе, что мы, не зная истинного закона роста, хотим прогнозировать численность населения в будущем. Самое простое предположение, что население растет линейно со временем, увеличиваясь каждый год в среднем на 4000 человек (линейная экстраполяция). Тогда в следующие 500 лет население возрастет на те же 2,2 млн чел., еще через 500 лет оно опять увеличится на 2,2 млн чел., затем через 500 лет — вновь на 2,2 млн чел. и т. д. Таким образом, через 1500 лет население увеличится вчетверо. В действительности, при экспоненциальном росте с периодом удвоения 35 лет это произойдет всего через 70 лет. Разница между величинами 1500 лет и 70 лет характеризует ошибку прогноза при линейной экстраполяции. Дальше со временем эта ошибка будет быстро нарастать.

Развитие нашей технической цивилизации сопряжено с расходом энергии и различных земных ресурсов: древесины, угля, нефти, газа, железа, алюминия и т. д. Как бы ни была богата Земля, ясно, что ресурсы ее все-таки ограничены и со временем они должны истощиться. Весь вопрос в том, когда это произойдет. Если это

будет через миллионы лет, то мы можем не беспокоиться и не думать сейчас об этом. Бесплезно (и даже самонадеянно!) пытаться решать проблемы столь далекого будущего. Кто знает, какого развития достигнет цивилизация к тому времени, какими возможностями она будет обладать! Может быть, она освоит полностью безотходную технологию и будет воспроизводить все необходимые ей ресурсы. А может быть... бесполезно гадать, что может быть через миллионы лет.

Другое дело, если до истощения ресурсов остается немного времени. Еще не так давно, в середине XX века, многие люди (не все, но многие), занимавшиеся прогнозами, были настроены довольно оптимистически. Это вызывалось тем, что, несмотря на интенсивную разработку полезных ископаемых и истощение некоторых старых месторождений, постоянно открывались новые, более богатые месторождения, появлялись новые более выгодные источники энергии и, казалось, этому не будет конца. Может быть, не всегда осознанно авторы оптимистических прогнозов, по существу, основывались на «линейной экстраполяции» процессов. Но проблема в том, что развитие идет не линейно, а по экспоненте, следовательно, ресурсы истощаются гораздо быстрее. Чтобы показать, как «работает» экспонента, проведем несложный расчет. Общее количество вещества, которое перерабатывается современным производством, составляет 10^{17} г. По сравнению с массой Земли ($6 \cdot 10^{27}$ г) это совершенно ничтожная величина. Но она удваивается каждые 17 лет. Если процесс будет происходить в том же темпе, то менее чем за 1000 лет будет переработана вся масса Земли (!). Для цивилизации, сфера деятельности которой ограничена ее планетой (о выходе в космос поговорим позднее), такая ситуация совершенно невозможна. Поэтому темпы роста со временем должны уменьшиться. Однако если экспоненциальный характер развития сохранится, то и при меньших темпах масса Земли будет исчерпана очень скоро (при ежегодном темпе роста 1% это произойдет через 4000 лет). Отсюда ясно, что экспоненциальное развитие не может продолжаться неопределенно долго. Это — сугубо неравновесный процесс, и он может представлять лишь временную стадию в развитии цивилизаций. Для земной цивилизации эта стадия должна прекратиться очень скоро. Чтобы яснее осознать суть проблемы, остановимся на двух важнейших показателях развития нашей цивилизации: рост народонаселения и рост энергопотребления. Начнем с энергетики.

5.2.2. Развитие энергетики на Земле. Современное производство энергии²⁸³ по всему земному шару (точнее, вырабатываемая мощность) составляет около 10^{10} кВт. За последние 200 лет производство энергии росло экспоненциально с годовым приростом 3%. Если такой рост будет продолжаться в будущем, то примерно через 300 лет производство энергии достигнет величины $E_0=10^{14}$ кВт, т. е. сравняется с потоком энергии, поступающей на Землю от Солнца. Так как вся произведенная энергия, в конечном итоге, превращается в тепло, то это приведет к нарушению теплового баланса планеты и, как следствие, к ее перегреву со всеми вытекающими отсюда последствиями (таяние льдов, повышение уровня Мирового океана и т. д.). Для того чтобы этого не произошло, производство энергии должно быть ограничено, оно не может превышать предельного значения, составляющего определенную долю от величины E_0 . Обычно считается, что предельное значение составляет 1% от полной энергии, поступающей на Землю от Солнца. Более осторожная оценка составляет 0,1%. Соответствующие предельные значения производимой энергии: $E_1=10^{11}$ кВт и $E_2=10^{12}$ кВт. Назовем их первым и вторым тепловым пределом. Первый предел при темпах роста 3% в год будет достигнут через 77 лет, а второй — через 153 года. После достижения предела производство энергии должно быть стабилизировано на этом уровне.

Хватит ли энергетических ресурсов для достижения этих пределов? В настоящее время основным источником вырабатываемой энергии является химическое топливо: уголь, нефть, газ. По данным экспертов «Римского клуба»²⁸⁴ запасы нефти и газа (с учетом пока еще не разведанных месторождений) истощатся к 2020 г., а запасов угля хватит на весь XXI век. Согласно В. С. Троицкому²⁸⁵, с учетом вероятных запасов топлива, энергопроизводство может расти с современным темпом вплоть до первого теплового предела; если затем оно будет стабилизировано на этом уровне, то запасов топлива всех видов (включая уран для атомных электростанций) хватит еще на 130 лет. Это время можно значительно продлить, если

²⁸³ Современные значения относятся к 1990 г.

²⁸⁴ «Римский клуб» — международная неправительственная организация, объединяющая около 100 видных ученых, общественных деятелей, представителей политических и деловых кругов из многих стран мира. Возник в 1968 г. Основная цель — изучение глобальных проблем развития человечества.

²⁸⁵ Троицкий В. С. Будет ли на планете катастрофа? // Правда, 15 сент. 1989 г.

к моменту истощения ресурсов будет освоена термоядерная энергия. При постоянном производстве энергии на уровне теплового предела запасов водорода в Мировом океане (термоядерного горючего) хватит на сотни миллионов лет.

Другим практически неисчерпаемым источником является солнечная энергия. Очевидно, что использование этой энергии не приводит к нарушению теплового баланса, так как часть радиации, изымаемой энергетическими установками из солнечного потока, после переработки вновь превращается в тепло. При этом предполагается, что энергетические установки располагаются только на поверхности Земли. (Если расположить их в межпланетном пространстве, а затем транспортировать энергию на Землю по каналам СВЧ или другим способом, то это создаст дополнительный поток энергии на Землю и вновь приведет к эффекту перегрева.) Размещение солнечных энергетических установок на Земле, хотя и не нарушает баланса, тем не менее, тоже приводит к ограничениям в производстве энергии. Если покрыть такими установками 1% площади Земли, то при преобразовании солнечной энергии в электрическую с КПД 10% общее количество вырабатываемой энергии составит $10^{-3} E_0$, т. е. будет на уровне первого теплового предела $E_1 = 10^{11}$ кВт. При покрытии 10% площади Земли производство энергии будет на уровне второго теплового предела $E_2 = 10^{12}$ кВт. Дальнейшее наращивание энергетических установок исключает из нормального использования слишком большой процент площади Земли. Кроме того, это может привести к перераспределению энергии на планете и вызовет нежелательные изменения климата. Таким образом, при использовании солнечной энергии мы, фактически, сталкиваемся с теми же пределами.

Подчеркнем еще раз, что ограничение производства энергии не связано с недостатчей энергетических ресурсов, а вытекает из необходимости сохранить глобальное равновесие природных процессов на Земле. В этом коренное отличие проблемы перегрева от проблемы истощения недр Земли. Хотя обе они приводят к необходимости ограничить безудержный рост производства на земном шаре. Рассмотрим теперь рост народонаселения на Земле.

5.2.3. Рост народонаселения. Довольно очевидно, что абсолютный прирост населения должен быть пропорционален численности населения. Если взять какой-то однородный в демографическом отношении регион, то из двух пунктов этого региона прирост бу-

дет выше там, где больше численность населения. Точно так же, чем больше численность населения в некоторый момент времени t , тем больше и прирост населения в этот момент. Статистика показывает, что абсолютный прирост dN за небольшое время dt равен

$$dN = \alpha N dt. \quad (5.6)$$

Внешне это выражение напоминает экспоненциальный закон (5.2), но надо иметь в виду, что экспонента получается из него только при условии $\alpha = \text{const}$. Относительный прирост населения α зависит от целого ряда факторов: биологических, географических, исторических, социально-экономических. Поскольку эти факторы, во всяком случае некоторые из них, меняются с течением времени, относительный прирост населения, вообще говоря, есть функция времени: $\alpha = \alpha(t)$. Поэтому и закон роста народонаселения может отличаться от экспоненциального.

Как реально растет народонаселение на Земле, что говорят статистические данные? Согласно оценкам специалистов²⁸⁶, в очень давние времена — от 1 000 000 до 6000 лет до нашей эры — численность населения практически не менялась со временем, составляя $2 \div 5$ млн человек. Начиная примерно с 6000 г. до н. э. отмечается рост народонаселения. В период с 6000 по 3000 г. до н. э. численность населения составляла $5 \div 20$ млн чел., с 3000 по 2000 г. до н. э. — $20 \div 40$ млн чел., с 1000 г. до н. э. по 250 г. н.э. — $100 \div 200$ млн чел. и с 250 по 1500 г. н.э. — $300 \div 400$ млн человек. Конечно, эти оценки весьма приблизительные. Согласно справочнику Урланиса²⁸⁷, население мира составляло:

Год (н. э.)	1000	1500	1650	1750	1800	1850	1900
Население млн чел.	288	436	545	728	911	1181	1617

Более поздние данные можно найти в Статистических ежегодниках ООН²⁸⁸.

На рис. 5.2.1 показано, как менялась численность населения Земли за период от 6000 г. до н. э. по настоящее время. По горизон-

²⁸⁶ Лада И. В., Лисаржевский О. Н. Контуры грядущего. — М.: Знание, 1965. С. 31.

²⁸⁷ Население мира / Под ред. Б. Ц. Урланиса. — М.: Политиздат, 1965. С. 8.

²⁸⁸ United Nations Statistical Yearbook.

тальной оси отложено время t , по вертикальной — численность населения в логарифмическом масштабе ($\log N$). Если бы население росло экспоненциально, то на этом графике мы должны были бы получить прямую линию. В действительности линия, выражающая рост народонаселения со временем, начиная приблизительно со середины второго тысячелетия, заметно отклоняется от прямой, причем она уходит вверх все круче и круче. Более детально это видно на

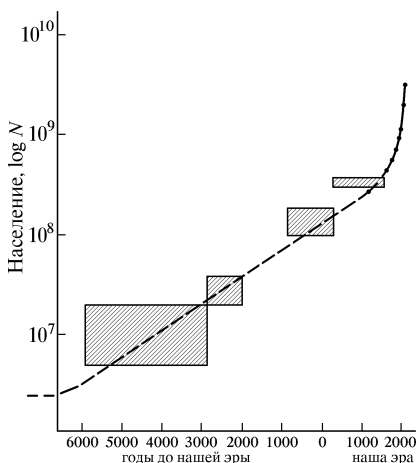


рис. 5.2.2. Значит, относительный годовой прирост постоянно возрастает. В этом и состоит особенность современной де-

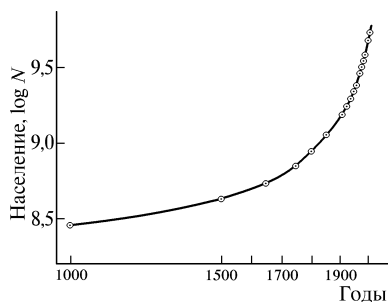


Рис. 5.2.1. Численность населения на земном шаре, согласно оценкам [286–287].

По горизонтальной оси отложено время в годах, по вертикальной — численность населения в логарифмическом масштабе ($\log N$)

Рис. 5.2.2. Рост численности населения на Земле [287–288].

По горизонтальной оси — годы, по вертикальной — численность населения в логарифмическом масштабе ($\log N$)

мографической ситуации: она характеризуется не только увеличением абсолютной численности населения N , но и возрастанием среднегодовых темпов роста — возрастанием относительного прироста населения α . Как быстро возрастает прирост населения?

В 1960 г. в журнале «Science» была опубликована статья трех авторов Х. Форстера, П. Мора и Л. Эмиота, которая называлась «День Страшного суда: пятница, 13 ноября 2026 года»²⁸⁹. Используя тщательно отобранные статистические данные, авторы показа-

²⁸⁹ Forster H., Mora P. M., Amiot L. W. Doomsday: Friday, 13 November, A.D. 2026 // Science. 1960. V. 132. P. 1291–1295.

ли, что относительный прирост населения растет так же быстро, как само население, т. е.

$$\alpha(t) = \alpha_0 N(t). \quad (5.7)$$

Подставляя это выражение α в (5.6), найдем:

$$dN = \alpha_0 [N(t)]^2 dt. \quad (5.8)$$

Чем объясняется такая зависимость, остается неясным. Выражению (5.8) соответствует следующий закон роста народонаселения:

$$N(t) = \frac{1}{\alpha_0 (t_* - t)}. \quad (5.9)$$

Нетрудно узнать в этом выражении уравнение гиперболы.

Следовательно, численность народонаселения изменяется *по гиперболическому закону*. При $t = t_*$ $N(t) = \infty$, т. е. население Земли должно достичь бесконечности! Когда наступит этот роковой момент? Неожиданный результат состоит в том, что он совсем «не за горами». Согласно вычислениям авторов, это должно произойти в 2026 г., точнее $t_* = 2026,87 \pm 5,5$, если t отсчитывается от начала новой эры.

Если величина t_* определена, можно, откладывая по оси абсцисс значения $\log(t_* - t)$, а по оси ординат значения $\log N$, построить график зависимости (5.9) в виде прямой линии с отрицательным наклоном (-1). При $t \rightarrow t_*$ $(t_* - t) \rightarrow 0$, и прямая линия устремляется в бесконечность.

Момент t_* на графике определить невозможно, ибо при $t = t_*$

$$\log(t_* - t) = -\infty.$$

И. С. Шкловский²⁹⁰ нашел убедительный способ наглядно продемонстрировать справедливость гиперболического закона, не зная величины t_* . Обозначим величину $1/N$ через y , тогда выражение (5.9) можно переписать в виде

$$y = \alpha_0 (t_* - t). \quad (5.10)$$

А это есть уравнение прямой. Следовательно, если мы построим график, на котором по горизонтальной оси отложим время t , а по вертикальной — величину $y = 1/N$, то мы должны получить пря-

²⁹⁰ Шкловский И. С. Вселенная, жизнь, разум. — М.: Наука, 1965.

мую линию. Рис. 5.2.3 иллюстрирует сказанное. Мы действительно получаем прямую линию, причем статистические данные (точки на графике) очень хорошо, почти без всякого отклонения, ложатся на эту прямую. При $t = t_*$, $y = 0$. Следовательно, прямая пересекает ось абсцисс в точке, соответствующей $t = t_*$. Таким образом, можно грубо оценить этот момент прямо по графику как точку пересечения прямой линии с осью абсцисс, а более точно можно вычислить этот момент, например, методом наименьших квадратов. Для пря-

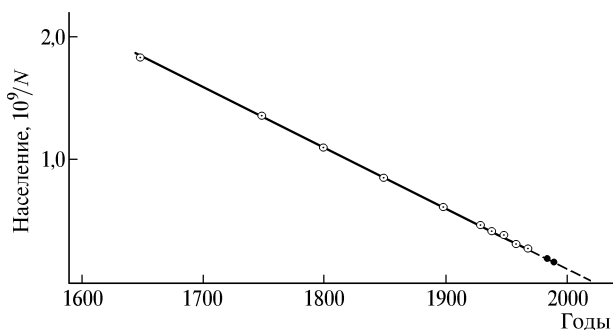


Рис. 5.2.3. Гиперболический рост народонаселения, по И. С. Шкловскому. По горизонтальной оси — время в годах от начала новой эры, по вертикальной — обратная величина численности населения $10^9/N$

мой, изображенной на рис. 5.2.3, критический момент t_* соответствует 2028 г.

Итак, в настоящее время население Земли растет по гиперболическому закону. Но каковы границы его применимости?

Согласно С. П. Капице²⁹¹, экстраполяция гиперболического закона в прошлое показывает, что он удовлетворительно согласуется с оценками численности населения на интервале времени порядка одного миллиона лет. Однако дальнейшая экстраполяция в прошлое приводит к неправдоподобным и даже абсурдным результатам: так, согласно гиперболическому закону, в момент возникновения физической Вселенной (около 20 млрд лет назад) на Земле уже жило 10 человек; а время возникновения первого человека ($N = 1$) уходит в прошлое на 200 млрд лет, т. е. задолго до возникновения

²⁹¹ Капица С. П. Феноменологическая теория роста населения Земли // Успехи физических наук. 1996. Т. 166. № 1. С. 63–79. Более подробно теория С. П. Капицы изложена в его книге: Общая теория роста человечества. — М.: Наука, 1999. 190 с.

Земли, Солнечной системы и Метагалактики. Ясно, что гиперболический закон нельзя экстраполировать слишком далеко в прошлое.

С другой стороны, если бы гиперболический закон был справедлив вплоть до рокового момента $t = t_*$, это бы означало, что численность населения за *конечный* промежуток времени увеличивается до бесконечности. Очевидно, это невозможно, ибо требует бесконечно быстрого прироста населения. Между тем годовой прирост не может быть бесконечным, он ограничен естественными биологическими причинами (фертильность не может быть бесконечной!), не говоря уже об экономических и социо-культурных факторах. Отсюда следует, что гиперболический закон нельзя экстраполировать до значений, сколь угодно близких к t_* . При некотором значении $t < t_*$ гиперболический закон роста теряет силу и *должен смениться новым демографическим законом*. А так как значение t_* близко к современному моменту, то *смена демографического закона должна произойти в самое ближайшее время* (а возможно, уже происходит).

На рис. 5.2.3 прямая линия построена по данным о численности народонаселения до 1970 г., эти данные изображены на рисунке кружками, темные точки изображают более поздние данные, относящиеся к 1987 и 1991 гг. Как видно, вплоть до начала 1990-х годов гиперболический закон все еще сохранял силу. Это связано с влиянием развивающегося мира. Для развитых стран мира прирост населения прошел через максимум и начал замедляться в середине XX века²⁹². Но динамика роста населения Земли определяется развивающимися странами, а здесь прирост населения до последнего времени, видимо, все еще продолжал расти. Тем не менее ясно, что в ближайшее время ситуация должна измениться, и отклонение от гиперболического закона для всего населения Земли станет ощутимым.

Какой закон должен прийти на смену гиперболическому? Смена закона может произойти либо вследствие катастрофы из-за слишком быстрого нарастания процесса, либо в результате плавного изменения характера роста. Рассмотрим последний, более благоприятный случай.

Поскольку годовой прирост определяется разностью между рождаемостью и смертностью, его возрастание может происходить либо за счет сокращения смертности, либо за счет увеличения рождаемости (либо по обоим причинам вместе). В последние столетия ос-

²⁹² Каница С. П. Цит. раб.

новную роль, по-видимому, играло сокращение смертности, вследствие успехов медицины, санитарно-эпидемических и других мероприятий. Сокращение смертности, в целом, по всему земному шару перекрывает уменьшение рождаемости в отдельных (особенно в развитых) странах, так что естественный прирост населения на Земле возрастает со временем. Менее ясно, почему он растет столь же стремительно, как само население, что собственно и приводит к гиперболическому закону. Это пока остается загадкой. Тем не менее можно заключить, что *в пределе*, когда смертность достигнет минимальной величины (например, смертность от болезней и несчастных случаев в детском и производящем возрасте будет пренебрежимо мала), а рождаемость установится на некотором оптимальном уровне, определяемом совокупностью биологических, экономических и социо-культурных факторов, — дальнейшее увеличение годового прироста прекратится, и население будет расти при постоянном годовом приросте, т. е. *экспоненциально*.

Экспоненциальное развитие также приводит к бесконечной численности населения, но, в отличие от гиперболического роста, не на конечном, а на бесконечно длительном интервале времени. Практическое значение имеет вопрос о том, как скоро при экспоненциальном росте население Земли достигнет критической плотности. Последняя не обязательно зависит от истощения ресурсов, но может определяться социально-психологическими и иными факторами.

Переход к экспоненциальному росту представляется наиболее естественным, ибо не требует никаких регулирующих воздействий. Однако это не единственный и, возможно, вообще нереализуемый вариант. Существует ряд прогнозов численности населения Земли, в том числе официальные прогнозы ООН²⁹³. Они дают достаточно разнообразный спектр возможностей, включая неограниченный рост и деградацию (уменьшение численности населения), начиная примерно с середины XXI века. Наибольший интерес представляет упомянутая выше модель С. П. Капицы, которая приводит к стабилизации населения.

С. П. Капице, по-видимому, впервые удалось описать закономерности роста народонаселения Земли на огромном промежутке времени от «происхождения человека» до наших дней. Длительность этого периода по данным современной антропологии около 4,5 млн лет. С. П. Капица

²⁹³ World Population Prospects. As assessed in 1963. United Nations. — New York, 1966.

разделяет его на три эпохи. Ранняя эпоха А, когда население росло очень медленно, изменяясь от нуля пропорционально $\text{ctg } t$; основная эпоха В, когда имеет место гиперболический закон роста, при котором относительный прирост населения α непрерывно увеличивается; и поздняя эпоха С, для которой начинает сказываться ограничение на относительный прирост α . С. П. Капица показал, что изменение численности населения во все три эпохи может быть описано одной общей формулой и определил временные границы перехода от одной эпохи к другой. Эпоха А начинается около 4,4 млн лет тому назад и длится 2,8 млн лет; около 1,6 млн лет тому назад она сменяется эпохой В, длящейся почти до современного момента, она охватывает палеолит, неолит и весь известный исторический период развития человечества. Переход к эпохе С падает на последние десятилетия XX века. В эту эпоху население растет пропорционально $\text{arctg} [(t_* - t)/\tau]$. При $t \rightarrow \infty$ численность населения стремится к некоему предельному значению $N_{\text{пр}}$. Для различных параметров модели $N_{\text{пр}}$ равняется от 10 до 25 млрд чел.

Модель Капицы дает весьма оптимистический сценарий разрешения демографической ситуации на Земле. Однако имея в виду, что пока еще переход к стабилизации для всего земного шара не замечен, мы рассмотрим менее благоприятную ситуацию, когда после смены гиперболического закона некоторое время продолжает действовать экспоненциальный закон роста. Как скоро в этом случае мы столкнемся с положением, когда вступят в силу ограничения, препятствующие дальнейшему экспоненциальному росту?

Выше мы видели, что производство энергии на земном шаре ограничено некоторой предельной величиной $E_{\text{пр}}$, связанной с «эффектом перегрева». После достижения этого предела энергетика должна быть стабилизирована. Если население будет продолжать расти экспоненциально, то производство энергии на душу населения будет экспоненциально уменьшаться. Чтобы этого не произошло, численность населения также должна быть стабилизирована. Если мы хотим обеспечить производство энергии на душу населения, по крайней мере, не ниже современного, то численность населения не должна превышать величины $N_{\text{пр}} = E_{\text{пр}}/\varepsilon_0$, где ε_0 — современное производство энергии на душу населения. Поскольку $E_{\text{пр}}$ заключено между E_1 и E_2 , то $N_{\text{пр}}$ заключено между N_1 и N_2 , где $N_1 = E_1/\varepsilon_0$, $N_2 = E_2/\varepsilon_0$. Принимая $\varepsilon_0 = 2$ кВт/чел., $E_1 = 10^{11}$ кВт, $E_2 = 10^{12}$ кВт, получим $N_1 = 50$ млрд чел., $N_2 = 500$ млрд чел. Эти величины можно назвать, соответственно, первым и вторым энергетическим пределом для населения.

Сможет ли Земля прокормить такое население? Фон Хорнер приводит такой расчет: 1 км² суши, засеянной пшеницей (или другой столь же продуктивной культурой), при урожае 30 центнеров с одного гектара дает $11 \cdot 10^8$ калорий в год. Потребность человека составляет в среднем $9 \cdot 10^5$ кал/год. Следовательно, 1 км² суши может прокормить 1200 человек. Если предположить, что вся поверхность суши превращена в культурную пашню, то она сможет обеспечить пищей 180 млрд чел. Эта величина находится как раз между первым и вторым энергетическим пределом для населения.

Помимо энергетического и пищевого, существует территориальный предел. Он связан с предельной плотностью населения. В настоящее время средняя плотность населения на земном шаре составляет 36 человек на 1 км² суши. В крупных городах, таких, как Москва, плотность населения около 10 тыс. чел. на 1 км², это примерно на порядок выше плотности, соответствующей пищевому пределу. Если бы средняя плотность населения на Земле соответствовала этой величине, вероятно, нормальное функционирование цивилизации было бы невозможно. В. С. Троицкий принимает предельную плотность 50 чел. на 1 км² земной поверхности (считая сушу и море). Это дает предельную численность населения на Земле 25 млрд чел. Трудно сказать, является ли принятая плотность допустимой.

Фон Хорнер обращает внимание на «эффект перенаселения», связанный с чрезмерно большой плотностью. Он ссылается на исследование П. Лейхаузена и других ученых, занимающихся изучением поведения животных. Эти исследования показали, что недостаток жизненного пространства приводит к существенному изменению поведения животных, к полному развалу их социальной структуры и образа жизни (взрослые особи перестают заботиться о детенышах, развиваются агрессивность, страх, злобность). Причем это вызвано не недостатком пищи, а именно недостатком пространства. Недостаток пространства приводит к страданиям, которые не связаны с прямой угрозой от близкого соседства с сильными животными. Слабые животные страдают от перенаселения даже в том случае, когда они полностью защищены от них ширмами. Причем их страдания могут доходить до такой степени, что вызывают полное изменение характера и даже смерть. Для социальных животных, которые не могут жить в полном одиночестве, существует определенная оптимальная плотность. При превышении ее они могут адаптироваться к новым условиям, но только до тех пор, пока плотность не достигнет некоторой предельной величины, за которой разрушаются все социальные порядки и возобладает «неконтролируемая агрессивность». Лейхаузен называет этот предел «пределом терпимости». В определенной мере все сказанное

относится и к человеку (вероятно, в той мере, в какой на поведении человека сказывается его животная природа). Об этом свидетельствует рост преступности в крупных городах и другие социальные феномены. По мнению фон Хорнера, большая часть наших политических и социальных проблем связана именно с перенаселением. По-видимому, у человека существует врожденный «предел терпимости», как часть нашего генетического наследства. Противоречие, связанное с перенаселением, состоит в том, что человек для своей социальной жизни нуждается в больших городах, как центрах промышленности, торговли, науки и культуры. В то же время скучивание людей в них приводит к перенаселению. Очень важно установить, какова оптимальная плотность и «предел терпимости» для человечества. Фон Хорнер полагает, что мы уже прошли этот предел.

Как быстро достигаются другие пределы, о которых говорилось выше? Это зависит от темпов роста народонаселения в будущем, а они определяются моментом, когда гиперболический закон роста сменится на экспоненциальный. Пусть это произойдет в момент t_c при значении годового прироста α_c ; тогда, начиная с этого момента, рост народонаселения будет определяться выражением

$$N(t) = N(t_c) e^{\alpha_c(t-t_c)}. \quad (5.11)$$

На самом деле между гиперболическим и экспоненциальным законом должен существовать некий промежуточный переходный закон, когда $\alpha(t)$ растет вместе с t , но не столь быстро, как $N(t)$. Однако для грубых оценок можно считать, что гиперболический закон переходит непосредственно в экспоненциальный при $t = t_c$. Выше мы отмечали, что гиперболический закон сохраняет силу вплоть до начала 1990-х годов. Предположим, что «переход на экспоненту» произойдет в последнем десятилетии XX века. Примем для определенности, что момент t_c соответствует 1995 г. Тогда $N(t_c) = 6,2$ млрд чел., $\alpha_c = 0,03$. С этими параметрами первый энергетический предел $N_1 = 50$ млрд чел. будет достигнут через 70 лет. Второй энергетический предел $N_2 = 500$ млрд чел. — через 146 лет; пищевой предел 180 млрд чел. — через 112 лет и территориальный предел Троицкого 25 млрд чел. — через 46 лет.

Внимательный читатель, наверное, заметил, что время достижения энергетических пределов для населения N_1 и N_2 практически совпадает с временем достижения теплового предела для энергетики E_1 и E_2 . Это понятно, ибо для принятого нами момента перехода от гиперболического закона к экспоненциальному годовой прирост населения α_c составляет 3%, как и прирост производства энергии, тоже равный 3%. Если смена

демографического закона произойдет позже, то прирост населения будет выше 3%, и все названные пределы будут достигнуты раньше.

Вывод о том, что при экспоненциальном росте населения рано или поздно будут достигнуты предельные значения, является тривиальным. Поучительным и несколько неожиданным обстоятельством является то, что эти критические значения достигаются в сравнительно недалеком будущем. Учитывая современное очень неустойчивое состояние мира, сомнительно, чтобы за остающийся короткий промежуток времени могли быть выработаны необходимые регулирующие механизмы. Не следует также забывать, что мы рассматривали благоприятный вариант смены демографического закона. Но нельзя исключить, что до «рокового дня» гиперболический рост народонаселения не успеет плавно смениться другим законом, и тогда человечество столкнется с очень тяжелой кризисной ситуацией.

Возникает вопрос: нельзя ли решить эту проблему за счет расселения человечества в космическом пространстве? В начале 1970-х годов в США группой инженеров и физиков из Принстона под руководством О'Нейла был представлен тщательно разработанный проект сооружения поселений для расселения людей в межпланетном пространстве. На первой стадии проекта предусматривается сооружение станции на 10 тысяч человек, стоимость ее оценивается в 100 млрд долларов, срок сооружения 10–20 лет. Если начать реализацию проекта немедленно, он может быть завершен во втором десятилетии XXI века, но пока этот проект еще находится на рассмотрении в НАСА. Следующая стадия проекта предусматривает сооружение гораздо более крупных поселений на 40–50 млн чел., и для ее осуществления потребуются уже многие десятилетия. Это, действительно, впечатляющий, грандиозный проект! По существу, он представляет собой проектное воплощение мечты К. Э. Циолковского о создании «эфирных городов» в межпланетном пространстве. Реализация этого проекта позволила бы практически приступить к расселению человечества за пределами Земли. Но надо ясно представлять, что это не решает проблемы народонаселения на земном шаре.

Действительно, уже к середине 1990-х годов абсолютный прирост населения составил около 180 млн чел. в год или около 500 тысяч человек в день. Именно такое количество людей (полмиллиона человек!) надо *ежедневно* расселять в космическом пространстве, если мы хотим решить проблему народонаселения за счет Космоса. Таким образом, одна или несколько станций первой очереди, даже если они будут построены в начале XXI века, не решат проблемы. А к моменту сооружения космических поселений второй очереди с населением 40–50 млн чел. ежегодный прирост населения на Земле может превысить 1 млрд человек. Все это говорит о том, что проблему народонаселения, как совершенно спра-

ведливо подчеркивает фон Хорнер, надо решать здесь, на Земле (не путем бегства) и очень скоро. Столь скоро, что резерва времени у нас, по существу, уже нет.

5.2.4. К чему приводят математические модели. Мы обсудили простые соотношения, описывающие рост двух важнейших показателей развития нашей цивилизации — энергетики и народонаселения. Этот приближенный подход позволяет осознать и прочувствовать те проблемы, с которыми сталкивается наша цивилизация и которые ожидают ее в будущем. Более строгое рассмотрение требует учета многочисленных взаимосвязанных факторов, определяющих эволюцию современного технологического общества. Начиная с 1970-х годов, прогнозирование будущего развития земной цивилизации детально исследуется с помощью строгих математических моделей. Широкую известность получили исследования, выполненные упомянутой ранее группой «Римского клуба». Первая публикация под названием «Пределы росту», подготовленная под руководством Денниса и Донеллы Медоузов, появилась в 1972 г.; год спустя был опубликован второй доклад «Римскому клубу» «Человечество на перепутье», подготовленный под руководством М. Месаровича и Э. Пестеля. В СССР подобные работы проводились двумя научными коллективами, возглавляемыми В. А. Егоровым и В. А. Геловани. В США при участии ряда правительственных организаций подготовлен доклад «Глобальный 2000». В Вене с участием 17 стран создан «Международный институт системного анализа», занимающийся исследованием глобальных проблем современности. Математически задача сводится к решению системы из многих тысяч дифференциальных уравнений, к созданию и использованию банков данных. Такая задача еще в середине XX века была бы не реальной. Но как только прогресс вычислительной техники позволил, ученые взялись за ее решение. Каковы же результаты этих исследований?

Не входя в детали, отметим главные, на наш взгляд, результаты. Суть их в том, что если современные тенденции развития нашей цивилизации сохранятся, то уже в первых десятилетиях XXI века наступит критическая ситуация, вызванная истощением ресурсов, падением промышленного производства, резким сокращением количества пищи на душу населения при одновременном очень сильном загрязнении окружающей среды. По существу, это будет означать, что современная *техническая* цивилизация перестанет суще-

ствовать. Мы не затрагиваем здесь кризиса культуры, но, по-видимому, одно связано с другим: современное «потребительское» общество быстро идет к краху. Озабоченные повседневными проблемами люди не вполне ясно осознают это. Одни страны благоденствуют, переживают период относительной стабильности, изобилия товаров, роста производства при высоком уровне жизни населения. Это создает иллюзию благополучия. Но оно держится на необходимости поддержания современных темпов роста производства, а именно такой рост неуклонно ведет нас к кризису. Другие, более бедные страны, прилагают огромные усилия, чтобы достичь уровня передовых, и, тем самым, лишь приближают трагическую развязку.

Острота ситуации состоит в том, что «коллапс» должен наступить очень скоро, в первых десятилетиях XXI века. Поэтому, если бы даже человечество знало, *как* «повернуть» (или хотя бы приостановить) процессы, обладало бы средствами и волей для того, чтобы осуществить поворот **сегодня**, — у нас просто не хватило бы времени, так как все негативные процессы обладают определенной инерцией, в силу которой их невозможно остановить немедленно. Вот почему некоторые «благоприятные» модели «Римского клуба» и других научных коллективов, направленные на предотвращение катастрофы, практически не могут быть реализованы. Например, одна из моделей предполагала прекращение роста населения с 1975 г. и стабилизацию промышленного производства с 1985 г. Эти сроки давно прошли, а тенденции развития остаются прежними.

Может возникнуть вопрос: почему мы не замечаем приближения катастрофы, если она столь близка? Отчасти это связано с «психологической защитой», стремлением не обращать внимание на неблагоприятные факторы, не придавать им значения. Между тем, симптомы тяжелой болезни налицо. Они проявляются и в участившихся экологических кризисах, и в стихийных бедствиях, и в глобальном изменении климата, и в усилении социальной напряженности на Земле (несмотря на ослабление угрозы термоядерной войны). «Человечество, возникшее как часть биосферы, — пишет Шкловский, — вышло из равновесия с этой оболочкой Земли, что неизбежно должно привести его к критической ситуации...»²⁹⁴.

Другая причина того, что мы все еще недостаточно осознаем надвигающуюся опасность (хотя, кажется, уже перестали от нее от-

²⁹⁴ Шкловский И. С. Вселенная, жизнь, разум. — М.: Наука, 1987. С. 280.

махиваться), состоит в свойствах самой экспоненты. Экспоненциальный процесс развивается быстро, стремительно, лавинообразно, но вдали от критической точки (даже на ближних подступах к ней) такой характер процесса внешне остается незаметным — только в «самый последний момент» катастрофические последствия становятся ощутимы.

Это хорошо иллюстрирует известная математическая задача: в банке сидят амёбы и размножаются простым делением пополам, так что число амёб удваивается каждую минуту; спрашивается, через сколько минут банка заполнится наполовину, если известно, что полностью она заполнится через час? Сообразительный читатель без всяких вычислений скажет, что это произойдет через 59 минут, т. е. за одну минуту до конца. Другой пример (кажется, он принадлежит экспертам «Римского клуба») связан с заболачиванием поверхности озера. Предположим, что процесс развивается экспоненциально, так что заболоченная площадь удваивается каждую неделю. Пусть процесс длится один год. За день до конца, когда озеро заболотится уже на 90%, трудно будет не обратить на это внимание. Вероятно, люди забудут тревогу и попытаются предотвратить опасный процесс. Но за месяц до конца, когда озеро будет заболочено лишь на 6%, вряд ли кто-либо придаст этому большое значение. Даже за неделю половина озера еще будет чистой, там можно будет купаться и ловить рыбу. Вспоминая, что год назад озеро было совершенно чистым и, следовательно, на заболачивание половины озера ушел почти год, люди могут посчитать, что и на вторую половину уйдет тоже год (линейная экстраполяция), и особенно беспокоиться не будут.

Но вернемся к нашей планете. Казалось бы, очевидный путь выхода из положения — освоение космического пространства с его «неисчерпаемыми» ресурсами, размещение в нем энергетических установок, производства и населения (такие проекты, как известно, разрабатываются). Это могло бы если не снять, то хотя бы отодвинуть кризис на несколько столетий. Но беда (а может быть, судьба человечества) в том, что на такой рывок в Космос у нас тоже уже не хватает времени. Экономика Земли похожа на тяжело груженный транспорт, который на большой скорости мчится по бездорожью прямо к бездне. Похоже, мы уже проскочили ту точку, где надо было свернуть, чтобы вписаться в «траекторию поворота», и затормозить мы уже тоже не успеваем. Положение усугубляется тем, что никто не знает, где находится руль и тормоз. Тем не менее и экипаж, и пассажиры настроены весьма благодушно, наивно полагая, что «когда понадобится», они разберутся в устройстве транспорта и смогут совершить необходимый маневр. Я не думаю, что нарисованная картина означает неперемнную гибель человечества. Хотя тяжкие ис-

пытания для нас, видимо, неизбежны. Если человечество сможет пройти через эти испытания, то характер развития нашей цивилизации должен коренным образом измениться.

В какой мере все сказанное выше справедливо для других цивилизаций? Нас интересуют прежде всего планетные цивилизации как возможные колыбели разумной жизни во Вселенной. Величина энергии, которую получает от своей звезды планета, находящаяся в ее «зоне жизни», не может изменяться в очень широких пределах. Поэтому для любой планетной цивилизации расход энергии должен быть ограничен (вероятно, величиной порядка $10^{14} \div 10^{17}$ Вт). Численность населения также ограничена допустимой плотностью при заданной площади планеты и величиной энергопотребления на душу населения. Следовательно, развивающаяся цивилизация (особенно, если она вступит в экспоненциальную фазу) должна столкнуться со сходными проблемами. Если она вовремя осознает эти проблемы, сумеет найти пути их решения, сумеет выработать соответствующие регулирующие механизмы, то, вероятно, ей удастся стабилизировать численность населения своей планеты, ограничить на ней рост производства, энергопотребление и, тем самым, избежать катаклизмов, о которых говорилось выше. Такая стабилизация совершенно необязательно означает застой, мы вернемся к этому вопросу позднее (в следующих параграфах). А сейчас отметим, что в этом случае дальнейшее экстенсивное развитие (если бы оно было необходимо!), в принципе, можно было бы обеспечить за счет освоения окружающего космического пространства. Надежда на возможность длительного экстенсивного развития часто связывается именно с выходом цивилизаций в Космос. Насколько основательна такая надежда? К обсуждению этого вопроса мы теперь и переходим.

5.3. Экспансия в Космос?

Человечество не останется вечно на Земле, но в погоне за светом и пространством сначала робко проникнет за пределы атмосферы, а потом завоюет себе все околосолнечное пространство.

К. Э. Циолковский

5.3.1. Техническая экспансия. Идея расселения человечества в космическом пространстве неоднократно высказывалась и подроб-

но разрабатывалась К. Э. Циолковским. Этой теме посвящены его книги «Грезы о Земле и небе», «Вне Земли», многочисленные статьи и заметки (см., например, сборник: *Циолковский К. Э. Жизнь в межзвездной среде.* — М.: Наука, 1964). Идеи Циолковского, применительно к внеземным цивилизациям, были развиты в 1960-х годах известным американским физиком Ф. Дайсоном. Процесс освоения околозвездного пространства, по мысли Дайсона, в конечном итоге, должен привести к созданию искусственной биосферы вокруг звезды (сфера Дайсона). «Следует ожидать, — писал он, — что в пределах нескольких тысяч лет после вступления в стадию технического развития любой мыслящий вид займет искусственную биосферу, полностью окружающую его материнскую звезду». Мы подробно обсуждали детали сооружения такой биосферы в § 1.12. Создание сферы Дайсона в огромной мере увеличит ресурсы цивилизации и даст ей возможность в течение многих столетий развивать производительные силы по экспоненте, как это происходит сейчас на Земле.

Для определенности рассмотрим цивилизацию, обитающую около звезды солнечного типа. Тогда полное количество энергии, которую перехватывает и может использовать для своих нужд цивилизация, соорудившая сферу Дайсона, будет порядка 10^{26} Вт. Следовательно, цивилизация может экспоненциально наращивать производство энергии, по крайней мере, до тех пор, пока оно не достигнет этой величины. Если прирост производства энергии составляет 1% в год (т. е. в 3 раза меньше, чем сейчас на Земле), и освоение околозвездного пространства началось после того, как энергетика КЦ достигла первого теплового предела $E_1 = 10^{14}$ Вт, то экспоненциальный рост может продолжаться примерно в течение 2800 лет. Далее, если принять, что родительская планета по размеру равна нашей Земле, а радиус сферы Дайсона составляет 1 а. е. (150 млн км), то ее поверхность будет в $5,5 \cdot 10^8$ раз больше поверхности планеты. Следовательно, при одинаковой плотности населения она позволит расселить в $5,5 \cdot 10^8$ раз больше населения, чем на родительской планете. При экспоненциальном росте с тем же годовым приростом в 1% наполнение сферы Дайсона (до уровня плотности населения на планете) потребует 2000 лет. Но если цивилизация научится регулировать естественный прирост населения и установит его на уровне 0,72% в год, то полное предельное заселение сферы Дайсона будет достигнуто через 2800 лет, т. е. одновременно с достижением энергетического предела.

Возникает вопрос: а что будет дальше? Прошло около 3000 лет, и цивилизация вновь достигла предельных параметров своего развития (правда, на гораздо более высоком уровне). Сможет ли она продолжать дальнейшее развитие в прежнем темпе? На первый взгляд, может показаться, что здесь нет никакой проблемы. Мы неоднократно подчеркивали ничтожные размеры планет (и планетных систем) по сравнению с безграничным Космическим Пространством. Стоит ли в таком случае беспокоиться? Разве не может цивилизация, построившая сферу Дайсона, продолжить освоение космического пространства? Что мешает ей своевременно приступить к сооружению подобных же сфер около других звезд, или соорудить сферу Дайсона вокруг ядра Галактики, наконец, приступить к освоению других галактик? Пока мы рассматриваем только физические ограничения — как будто бы ничто не мешает. Если это так, то цивилизация может развиваться по экспоненте неопределенно долго, по крайней мере, в течение космологического масштаба времени. И тем не менее такой вывод был бы слишком поспешным.

Отвлекаясь от конкретных деталей (все равно мы не сумеем постичь возможности Сверхцивилизаций), предположим, что КЦ после построения сферы Дайсона продолжает развитие экспоненциально в том же темпе (с годовым приростом энергетики в 1%). Тогда приблизительно через 4800 лет (всего через 4800 лет!) производство энергии возрастет в 10^{21} раз и сравняется с излучением всех звезд в наблюдаемой области Вселенной. Аналогичные цифры можно привести в отношении используемой массы и других параметров. Таким образом, даже Космос с его, казалось бы, безграничными ресурсами, не может «противостоять» экспоненте. Экспоненциальный рост, будучи ничем не ограниченным, даже при весьма умеренных темпах, очень скоро привел бы к исчерпанию ресурсов Метагалактики.

Ясно, что как бы ни была велика сфера деятельности цивилизации, если она пространственно ограничена, то при экспоненциальном росте ресурсы ее быстро исчерпаются. Ну, а если сфера деятельности цивилизации непрерывно расширяется — как обстоит дело в этом случае? Опять может показаться, что, поскольку в расширяющейся сфере все ресурсы непрерывно увеличиваются, то экспоненциальный рост может продолжаться сколь угодно долго. Но это заключение ошибочно. Оно было бы справедливо в открытой Вселенной, если бы скорость экспансии цивилизаций могла неограниченно увеличиваться. Но поскольку мы рассматриваем техни-

ческую экспансию в трехмерном физическом пространстве — это невозможно. Скорость экспансии, во всяком случае, не может превышать скорость света, а практически она ограничена некоторой предельной величиной, меньшей скорости света.

Представим себе такую «расширяющуюся» цивилизацию. Полное количество вещества, которым она располагает, равняется ρV , а полное количество энергии $\rho c^2 V$, где V — объем сферы, ρ — средняя плотность вещества в ней, c — скорость света (ρc^2 — объемная плотность энергии). Для того чтобы цивилизация могла развиваться экспоненциально, объем сферы должен увеличиваться по экспоненте. Значит, и радиус ее сферы, и скорость ее расширения тоже будут расти экспоненциально. После того как скорость достигнет предельного значения, дальнейшее расширение сферы будет происходить *при постоянной скорости*, радиус ее будет расти пропорционально времени t , а объем — пропорционально t^3 . Соответственно, пропорционально t^3 будут возрастать масса и энергия, вовлеченные в сферу технологической деятельности КЦ²⁹⁵. Значит, экспоненциальное развитие ее станет невозможным. Теперь она будет развиваться (т. е. показатели ее будут расти со временем) не быстрее, чем t^3 . Возникает вопрос: как долго будет продолжаться экспоненциальная стадия, и насколько цивилизация успеет распространиться до ее прекращения?

Пусть показатели развития цивилизации растут экспоненциально с относительным годовым приростом α . Это значит, что объем сферы увеличивается с тем же годовым приростом: $\frac{1}{V} \cdot \frac{dV}{dt} = \alpha$. А ее радиус R возрастает с годовым приростом $\frac{\alpha}{3}$, т. е. $\frac{1}{R} \cdot \frac{dR}{dt} = \frac{\alpha}{3}$. Отсюда следует, что предельный радиус

$$R_{\text{пр}} = \frac{3}{\alpha} \dot{R}_{\text{пр}}; \quad (5.12)$$

$\dot{R}_{\text{пр}}$ — предельное значение скорости экспансии КЦ. Время с момента начала экспансии до достижения предельной скорости (критическое время):

$$\tau_{\text{кр}} = \frac{3}{\alpha} \ln \left(\frac{3\dot{R}_{\text{пр}}}{\alpha R_0} \right); \quad (5.13)$$

²⁹⁵ Кардашев Н. С. Астрофизический аспект проблемы / Внеземные цивилизации. — М.: Наука, 1969. С. 25–101.

R_0 — начальный радиус, с которого начинается экспансия. Примем, что предельное значение скорости экспансии составляет одну треть скорости света ($R_{пр} = c/3$). Если мы будем выражать время в годах, а расстояние — в световых годах, то в этих единицах $c = 1$, и выражения (5.12), (5.13) принимают вид

$$R_{пр} = \frac{1}{\alpha}; \tag{5.12a}$$

$$\tau_{кр} = \frac{3}{\alpha} \cdot \ln \frac{1}{\alpha R_0}. \tag{5.13a}$$

Полагая, что начальный радиус равен 1 а. е., а предельная скорость составляет треть скорости света, получим значения предельного радиуса и времени его достижения, приведенные в нижеследующей таблице:

Таблица 5.3.1

α	10^{-9}	10^{-5}	0,01	0,02	0,03	0,05	0,10
$R_{пр}$, св. лет	10^9	10^5	100	50	33	20	10
$\tau_{кр}$	10^{11}	$6,7 \cdot 10^6$	4700	2200	1450	843	400

Мы видим, что при медленных темпах роста для достижения предельной скорости требуется много времени, и цивилизация успева­ет расшириться до значительных размеров. При больших α сфера расширяется очень быстро, предельное значение скорости достигается спустя малое время после начала экспансии, а экспоненциальная стадия заканчивается при небольшом размере сферы (напри­мер, при $\alpha = 0,03$ предельный радиус составляет всего 33 св. лет!).

Отсюда, между прочим, следует, что приведенный выше пример с Метагалактикой носит чисто иллюстративный характер. Он показы­вает, какого масштаба может достигнуть производство энергии через 4800 лет при ежегодном приросте в 1%. Но при этом остается открытым вопрос, *как* обеспечить такой прирост энергии. Если пытаться сделать это за счет экспансии, то, чтобы цивилизация могла экспоненциально расшириться до размеров Метагалактики, еже­годный прирост α не должен превышать 10^{-9} , и на экспансию при таком темпе роста уйдет около 100 млрд лет.

В связи с этим следует также сказать о некоторых заблуждениях, свя­занных с суперцивилизациями. Напомним, что Н. С. Кардашев разделил все цивилизации по уровню их энергетического потенциала на три типа. К I типу он отнес цивилизации с уровнем энергопотребления, близким к земной цивилизации, т. е. порядка 10^{13} Вт. Этот уровень близок к «теп-

ловому пределу» для Земли. Увеличив его на 1–2 порядка, мы можем понимать под цивилизациями I типа планетные цивилизации, развивающиеся на своих родительских планетах. Ко II типу он отнес цивилизации с уровнем энергопотребления порядка 10^{26} Вт (вероятно, их можно отождествить с дайсоновскими цивилизациями, использующими всю энергию своей звезды). И наконец, к III типу он отнес цивилизации, энергетический потенциал которых составляет $10^{37}+10^{38}$ Вт, что сопоставимо с мощностью излучения целой галактики. На этом основании под цивилизацией III типа часто понимают цивилизацию, которая якобы «освоила всю галактику». Более того, исходя из приведенной Кардашевым временной оценки для достижения уровня КЦ III типа — несколько тысяч лет — принимают эту оценку за время освоения галактики. При этом допускаются сразу две неточности.

Во-первых, цивилизация, распространившаяся на всю галактику, неизбежно теряет свое единство, она перестает существовать как единая система. Ведь в единой системе время взаимодействия между ее частями (передача информации об их состоянии и регулирующие воздействия) не должны превышать характерное время изменения самих частей. Но для системы, сопоставимой по размерам с галактикой, время взаимодействия достигает 10^5 лет, а характерное время изменения составляющих ее частей (околозвездных цивилизаций), которое можно сопоставлять с периодом удвоения, — порядка 10^2 лет. При таких условиях управлять отдельными частями «галактической империи» будет совершенно невозможно²⁹⁶.

Второе заблуждение связано с временем освоения галактики. Проведенный Кардашевым расчет показывает, за какое время производство энергии при принятых темпах роста (1% в год) достигает уровня $10^{37}+10^{38}$ Вт. Но опять-таки в рамках этого расчета ничего не говорится о конкретном механизме достижения таких мощностей, о конкретной модели цивилизации III типа. Впоследствии Кардашев указал на возможные модели цивилизации III типа: сфера Дайсона вокруг ядра галактики или квазара, радиусом несколько световых лет, а также вращающийся диск размером несколько десятков парсек с общим энерговыделением 10^{12} светимостей Солнца (см. § 1.12). Если же говорить об экспансии цивилизации в космическое пространство, то, как видно из приведенной таблицы, экспоненциальное расширение до размеров галактики (10^5 св. лет) возможно при годовом приросте не выше, чем 0,001%, и время экспансии составляет не несколько тысяч, а около 7 млн лет.

Из таблицы 5.3.1. видно, что при годовом приросте больше 1% длительность экспоненциальной стадии $\tau_{кр}$ не превышает несколь-

²⁹⁶ Это очень убедительно продемонстрировал А. Кларк в своей книге «Черты будущего». — М.: Мир, 1966. Касаясь проблемы колонизации космического пространства, он писал: «Все грядущие инозвездные поселения будут независимы, хотя бы они этого или не хотят. Их свободу надежно защищают время и пространство. Им придется идти своим путем и решать свою судьбу без помощи и вмешательства со стороны матери-Земли» (для других КЦ — без вмешательства материнской цивилизации).

ких тысяч лет — срок совершенно ничтожный по сравнению с космологическим масштабом времени. Итак, существуют ограничения, препятствующие безграничному (даже не безграничному, а просто длительному) экспоненциальному росту цивилизаций, причем они начинают сказываться очень скоро после вступления цивилизации в технологическую фазу развития.

Экспоненциальная стадия встречается во многих явлениях природы (размножение бактерий в благоприятной среде, разрастание числа нейтронов в цепной реакции и, возможно, даже в эволюции самой Вселенной). По существу, она носит «взрывной» характер и является временным переходным этапом. По мере исчерпания ресурсов экспоненциальный рост замедляется, и процесс переходит в стадию насыщения или спада. Совершенно очевидно, что для цивилизаций, развивающихся на своих планетах, экспоненциальная стадия не может длиться очень долго: неизбежно ограниченные ресурсы площади, вещества и энергии должны быстро исчерпаться при таком развитии. Выход в Космос дает возможность удлинить экспоненциальную стадию, но, как мы видели, не намного.

Конечно, ограниченность экспоненциальной стадии вовсе не означает, что должен наступить конец развития или упадок цивилизации. Просто сама эта стадия — явление временное, и по окончании ее должен измениться характер развития. Мы видели, что в случае экспансии в космическое пространство экспоненциальное развитие сменяется степенным, по закону t^3 . При этом скорость экспансии остается постоянной. Экстенсивный характер развития сохраняется, но теперь оно протекает не столь бурно. Темпы развития, темпы освоения вещества и энергии определяются скоростью экспансии цивилизации.

В качестве иллюстрации рассмотрим следующий умоглядный пример (рис.5.3.1.). Пусть в Галактике существует некая цивилизация, достигшая уровня развития, при котором становятся возможными полеты к ближайшим звездам. Такие полеты не требуют достижения релятивистских скоростей и поэтому их возможность не вызывает сомнения. Пусть в некоторый момент времени цивилизация посылает несколько экспедиций на соседние звезды, расположенные внутри сферы радиусом 10 св. лет, у которых обнаружены планеты с пригодными

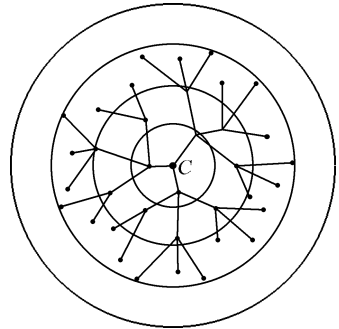


Рис. 5.3.1. «Диффузия» цивилизаций в космическое пространство

для жизни условиями. В сфере радиусом 10 св. лет можно ожидать несколько подобных звезд. Прибыв на место назначения, экипаж каждого корабля высаживается на соответствующей планете и приступает к ее колонизации, а в дальнейшем, возможно, к сооружению сферы Дайсона вокруг звезды. Конечно, предполагается, что в колонизируемой планетной системе нет разумных существ. По истечении определенного времени, скажем 1000 лет (учитывая современные темпы развития человечества, этот срок можно считать приемлемым), каждая колония разовьет достаточные производительные силы и будет способна сама послать экспедиции на соседние звезды. Объектом новых экспедиций будут планетные системы, расположенные в сфере радиусом 20 св. лет от исходной родительской звезды (точнее, внутри шарового слоя с радиусом от 10 до 20 св. лет). Спустя 1000 лет их потомки оснастят экспедиции к новым мирам и т. д. Получается, что от исходной точки очага цивилизации распространяются подобно сферической волне со скоростью 10 св. лет за 1000 лет времени (скорость экспансии цивилизации 0,01 с). Таким образом, за несколько миллионов лет вся Галактика будет освоена выходцами из материнской цивилизации.

Вновь мы получили, что время освоения Галактики, по космическим масштабам, совершенно ничтожно. И вновь становимся перед альтернативой: стабилизация или дальнейшая экспансия (теперь уже на всю Метагалактику, что потребует времени, сопоставимого с возрастом Вселенной). Но теперь пора вспомнить, что до сих пор мы имели в виду лишь физические ограничения и неявно предполагали, что рассматриваемая цивилизация — единственная во Вселенной. Если же допустить, что в Галактике одновременно существуют множество цивилизаций, и каждая из них развивается по рассмотренному сценарию, то, чтобы избежать столкновения, цивилизации будут вынуждены поделить всю Галактику на «сферы влияния». Если в Галактике существует, например, 10^6 цивилизаций, то размер сферы свободного развития для каждой цивилизации будет порядка нескольких сотен световых лет.

Впрочем, сценарий развития, связанный с экспансией, вообще, является сомнительным. Кардашев, например, подчеркивая, что цивилизации III типа должны быть очень компактными объектами (так как только в этом случае может быть обеспечен быстрый и эффективный обмен информацией между отдельными частями КЦ), высказывает мысль, что молодые развивающиеся цивилизации должны стремиться к объединению с более развитыми. Увеличение объема кибернетически невыгодно — считает он. Вместо экспансии должен протекать противоположный процесс — объединение цивилизаций в компактную систему.

Следует также обратить внимание на экологическую и этическую сторону проблемы. В § 1.12, посвященном описанию возможной астроинженерной деятельности КЦ, мы уже отмечали, что сооружение сферы Дайсона и другие планы радикального переустройства планетной системы могут привести к серьезным экологическим последствиям. Человечество накопило достаточный негативный опыт, связанный с пренебрежением экологическими проблемами на Земле, с вмешательством в среду обитания, попытками перестроить ее на свой лад. В настоящее время наблюдается рост экологического сознания человечества. Можно думать, что наши действия в будущем будут более разумны как в отношении биосферы, так и в отношении космической среды обитания. Тем более, это можно отнести к высокоразвитым цивилизациям.

Надо также иметь в виду, что все планы «освоения космического пространства» исходят из представления, что в каждой планетной системе имеется лишь одна обитаемая планета, жители которой вольны распоряжаться ресурсами всей планетной системы, перестраивать ее по своему усмотрению. Но ведь это представление может оказаться ошибочным. В главе, посвященной жизни в Космосе, мы отмечали, например, возможность существования белково-нуклеиновой жизни в определенных слоях атмосферы Юпитера и других внешних планет. Сооружение сферы Дайсона вокруг Солнца резко уменьшило бы (или даже вовсе свело к нулю) поток солнечной радиации на эти планеты, что привело бы к гибели на ней жизни. А каковы могут быть последствия переустройства планетной системы для форм жизни, имеющих иную химическую и физическую природу (например, для обитателей межпланетной среды)? Мы даже отдаленно не можем представить себе таких последствий. «Рассматривая все окружающее с точки зрения человеческого сознания, — пишет Н. А. Уранов, — человечество ограничило свое восприятие Космоса. Если люди, например, говорят о жизни на дальних мирах, то они имеют в виду существование там именно человеческой жизни; когда люди воображают посещение своей планеты представителями инопланетной цивилизации, они одевают их в скафандры и придают их телам свои человеческие формы. Между тем, каждое космическое тело имеет свои формы жизни, и разнообразие этих форм беспредельно». Далее он пишет: «Идущий путем Беспредельности не мечтает размножить человечество до такой степени, когда, пожрав все ресурсы Земли, оно будет вынуждено искать их на дальних мирах. Все дальние миры есть дома, где обитают свои

человечества. Грабить эти дома ради своего бессмысленного беспредельного размножения есть перенесение захватнических, грабительских тенденций с планеты в Космическое Пространство. Эта тенденция антикосмична и, конечно, обречена на уничтожение. Но она характеризует качество «самостоятельного» обособленного пути нынешнего человечества». И если человечество, — добавим мы, — уже начинает преодолевать подобные заблуждения, то высокоразвитые цивилизации должны быть от них полностью свободны.

Можно думать, что высокоразвитые КЦ организуют свою творческую деятельность таким образом и в таких формах, чтобы не вступать в противоречие с установившимися космическими процессами, не нарушать гармонию Вселенной. Реализация этого пути требует перехода от экстенсивного развития (характеризующегося ростом основных количественных показателей цивилизации) к *интенсивному*, когда внешние параметры развития КЦ стабилизированы на определенном уровне. Подобное развитие вовсе не означает застой. Космическая цивилизация представляет собой сложную самоорганизующуюся систему, сложный организм, выполняющий определенную функцию в Космосе. Но ни один организм не может расти (и не растет) безгранично. Он достигает зрелости и стабилизируется. Если говорить о биологическом организме, то даже во время роста он находится в гармонии с окружающей средой, и эта гармония сохраняется именно потому, что рост организма имеет свои пределы. (Только раковые клетки, неограниченно размножаясь, пожирают среду своего обитания.) Почему же цивилизация должна быть уподоблена раковой опухоли? Почему она не может развиваться подобно нормальному организму? Такое допущение было бы полностью бесосновательным. Если развивающаяся цивилизация какое-то время находится в состоянии бурного количественного роста, то это не более чем временная стадия, характерная для любого растущего организма. По окончании этой стадии цивилизация неизбежно должна перейти в характерное для сложных систем состояние гомеостатического равновесия с тонкой регуляцией основных процессов, с поддержанием жизненно важных параметров в заданных пределах. Подобное состояние не будет ни застоем, ни упадком. Представлять его как застой или упадок может лишь тот, кто, по меткому выражению С. Лема, «понимает Будущее лишь как увеличенное Настоящее».

Иногда приходится сталкиваться с такой аргументацией. Движущей силой прогресса является конкуренция. Но она приводит к

неограниченному, неконтролируемому росту, подобному тому, который переживает сейчас наша цивилизация. Стабилизация будет означать «принудительное» регулирование, она приведет к уничтожению конкуренции, развитие лишится своей движущей силы и на смену ему придет застой. Думается, что подобная аргументация связана с абсолютизацией определенной фазы развития КЦ. Если мы вновь обратимся к организму (или самоорганизующейся системе) как модели цивилизации, то увидим, что между отдельными частями такой системы, между различными органами нет никакой конкуренции. Напротив, сложная, самоорганизующаяся система функционирует на основе тонкого взаимодействия, тонкого согласования функций различных ее частей. Значит, конкуренция как движущая сила развития — явление временное. На смену ей должно прийти сотрудничество, согласованность, которые и обеспечат более высокую фазу развития цивилизаций.

Надо также сказать, что гармония и сотрудничество вовсе не означают прекращение борьбы и полный покой. В Космосе постоянно противостоят две силы: сила разрушения, хаоса, проявляющаяся в росте энтропии, и сила созидательная, стремящаяся внести определенный порядок в хаотическую материю, создающая различные формы и структуры. Эту антиэнтропийную функцию выполняют Жизнь и Разум. Потому Космос постоянно сохраняет характер «поле состязания и борьбы... борьбы трудной и небезопасной, но стоящей усилий» (С. Лем). Прекращение количественного роста цивилизаций не означает ни конца развития, ни конца борьбы, которую ведет Разум со стихийными силами Природы. Изменится лишь характер творчества, и цивилизации, вместо того чтобы сооружать сферы Дайсона или «подсыпать» редкие химические элементы в звезды, чтобы обратить на себя внимание соседей, — перейдут на высшие планы творчества. Может быть, они будут творить миры, звезды, солнечные системы, галактики, даже вселенные. Мы рассмотрим эти вопросы в следующем параграфе, а сейчас вернемся вновь к экспоненте.

5.3.2. Информационная экспансия в другие макромиры. Мы рассмотрели техническую экспансию цивилизаций во внешнее космическое пространство и убедились, что она ограничена. Освоение планетной системы позволяет поддерживать экспоненциальный рост экономики в течение нескольких сотен или нескольких тысяч лет (в зависимости от принятого темпа роста). Но дальнейший шаг

в межзвездное пространство оказывается, по существу, бесполезным. Действительно, несмотря на то, что трудности подобной экспансии неизмеримо возрастают, она не позволяет получить существенный выигрыш во времени: время экспоненциального развития остается того же порядка — несколько тысяч лет, не более. Как замечает в этой связи Г. М. Идлис, игра не стоит свеч! Конечно, после окончания экспоненциальной стадии цивилизация может еще определенное время развиваться по более медленному степенному закону, диффундируя в пределах свободной от других цивилизаций области Галактики. Но и этот сценарий, как мы видели, маловероятен, особенно если принять во внимание экологические и этические факторы. На основании этих соображений мы пришли к выводу, что развивающаяся цивилизация после относительно непродолжительного периода экстенсивного роста приходит в характерное для самоорганизующихся систем состояние гомеостатического равновесия и продолжает свое развитие, не нарушая гармонии с окружающей космической средой.

Однако здесь возникает трудность, связанная с реализацией познавательной деятельности КЦ. Эта функция для цивилизации является основополагающей и, можно думать, что по мере развития КЦ она должна усиливаться. Если на ранних стадиях развития цивилизация познает окружающий мир, чтобы обеспечить себе выживание в этом мире, то в дальнейшем она переходит «от познания ради жизни к жизни ради познания»²⁹⁷. Одной из форм познания является наука. Наука развивается экспоненциально, ее количественные показатели для земной цивилизации в целом удваиваются в течение 10–12 лет, опережая развитие мировой экономики. Похоже, что подобный закон развития науки внутренне присущ ей, заложен в ней самой и его невозможно избежать. Это связано с тем, что решение каждой фундаментальной научной проблемы неизбежно порождает несколько новых (минимум две проблемы). И эта дифференциация научных знаний осуществляется, несмотря на и наряду с постоянно выраженной тенденцией к их интеграции. Г. М. Идлис видит глубинное обоснование этого закона в известной теореме Геделя в математической логике.

Как же обеспечить постоянное экспоненциальное развитие науки? Ведь в конечном итоге для этого требуется соответствующее

²⁹⁷ *Идлис Г. М.* Закономерности развития космических цивилизаций / Проблема поиска внеземных цивилизаций. — М.: Наука, 1981. С. 210–225. Цит. с. 21. В дальнейшем изложении в данном пункте мы будем следовать этой статье Г. М. Идлиса.

систематическое увеличение материальных и энергетических ресурсов. И вот тут Иддис предлагает остроумное решение. Поскольку тривиальная космическая экспансия (во внешнее пространство) не обеспечивает, как мы видели, требуемой беспредельности экспоненциального роста, цивилизации должны использовать нетривиальный путь: из уже освоенных ими ограниченных пространственных областей они должны развиваться не «наружу», а «внутри», в глубины материи, в другие, соприкасающиеся с нашим миром квазизамкнутые макромиры, используя в качестве «туннелей» для проникновения в эти миры элементарные частицы нашего мира.

Напомним, о чем идет речь. В § 4.1 мы упоминали о современной концепции множественности миров-вселенных, согласно которой каждый квазизамкнутый макромир, подобный нашей Вселенной, при наблюдении извне (из другого подобного макромира) представляется элементарной частицей этого мира, а сам этот мир, в свою очередь, является элементарной частицей первого мира. Получается система «взаимопроникающих» миров. В Едином Вечном и Беспредельном Космосе содержится неисчислимое множество таких миров-вселенных, и каждая частица любого такого мира потенциально содержит в себе весь структурно неисчерпаемый материальный Космос.

По мысли Иддиса, высокоразвитая космическая цивилизация, воплощающая в себе Высший Разум, осознав преходящее значение тривиальной космической экспансии (во внешнее пространство), становится на путь *космологической* экспансии в другие квазизамкнутые миры, потенциально содержащиеся в элементарных частицах данного мира. Для этого Она должна проникнуть «вовнутрь» соответствующих элементарных частиц. Естественно, возникает вопрос: каким образом цивилизация со всем своим населением и технологией может проникнуть через «микротуннель» размером 10^{-13} см?! Иддис считает, что речь может идти только об **информационном** проникновении, которое, вероятно, осуществляется со скоростью света. При этом благодаря неисчерпаемому множеству таких макромиров может быть обеспечено неограниченное экспоненциальное развитие с любым заданным временем удвоения τ , хотя в пределах каждого конкретного макромира размер колонизируемой области остается малым ($M < ct$). Это, в свою очередь, обеспечивает информационную целостность цивилизации в пределах каждого осваиваемого мира. Неограниченно продолжаясь, этот процесс должен привести к беспредельному

развитию Разума, направленного на познание действительности. В конце концов, подобная Сверхцивилизация «получает возможность неограниченно совершенствоваться уже без экспоненциального роста своей энергетики».

На основании развитой концепции Иддис пришел к выводу, что жизнь на Земле, по всей вероятности, «возникла не случайно, а в результате разумной деятельности (или информационного проникновения) некоторой неизмеримо более развитой сверхцивилизации» из соседнего квазизамкнутого макромира²⁹⁸. Эта мысль представляется очень интересной и плодотворной. Она интегрирует, с одной стороны, идеи С. Аррениуса о переносе жизни, К. Э. Циолковского о посеве жизни, Ф. Крика и Л. Оргела о направленной панспермии, а с другой стороны, — идею Тейяра де Шардена о том, что «Земля несла в себе преджизнь врожденно».

Возможно, концепция Иддиса не во всем соответствует действительности. Но она привлекательна тем, что вводит в рассмотрение принципиально новый подход: не вширь трехмерного физического пространства, а в глубь материи в другие взаимосвязанные пространственные миры, и не путем физического взаимодействия, а в виде «информационного проникновения». Двигаясь в этом направлении, мы, возможно, придем к другим пространственным измерениям и к более тонким формам материи, лежащим за пределами физического вакуума, т. е. к той Действительности, которую предстоит изучать Науке Будущего.

Возвращаясь теперь к вдохновенным словам К. Э. Циолковского, которые мы взяли эпиграфом к этому параграфу, можно сказать: да, человечество не останется вечно на Земле; придет время, когда оно выйдет на просторы Солнечной системы и проникнет в другие пространственно-временные миры. Но, вопреки нашим сегодняшним представлениям, это будет происходить не с помощью громоздких машин, а на крыльях Человеческой мысли.

²⁹⁸ Обосновывая эту идею, Иддис пишет: «Возможно, именно этим объясняется универсальность явно неслучайного генетического кода всех известных нам форм жизни... Иначе, вопреки известным теоретическим и экспериментальным трудностям самозарождения жизни, имеющим принципиальный — информационный — характер, приходится допускать, что несколько миллиардов лет тому назад на Земле случайно произошло уникальное событие: из всевозможных более или менее простых органических молекул абиогенного происхождения самопроизвольно — путем совершенно невероятной случайной самосборки — возникли первые вполне определенные живые системы, сразу достаточно сложные, способные к самовоспроизведению и уже обладающие в готовом виде тем генетическим языком, который сохранился абсолютно неизменным до сих пор» (Цит. работа, с. 222).

5.4. Альтернативный путь

В Космосе мы все же встретим разум. Но формы его проявления будут глумиться над нашим воображением.

С. Лем

В предыдущих параграфах мы рассмотрели возможные пути развития КЦ, исходя из экстраполяционного подхода. Наряду с этим, как уже отмечалось выше, возможен иной — системный подход к исследованию космических цивилизаций. Он состоит в том, что проблема КЦ рассматривается как часть более общей проблемы, включающей исследование генеральных типов строения, функционирования и эволюции сложных самоорганизующихся систем (частным случаем которых является и автоматическое устройство, и живой организм, и биологическая эволюция, и человеческая цивилизация). Одним из первых такой подход сформулировал Б. Н. Пановкин в конце 1960-х – начале 1970-х годов²⁹⁹. В то время синергетика как наука о самоорганизации только зарождалась, и Пановкин опирался, главным образом, на достижения кибернетики. Он считал, что теоретическая кибернетика для проблемы космических цивилизаций будет играть ту же роль, что и теоретическая физика для современной астрофизики. По мнению Пановкина, последовательное проведение такого подхода позволит правильно сформулировать многие вопросы, относящиеся к проблеме КЦ. Например, применяя разработанную в кибернетике классификацию сложных систем, можно определить место КЦ в ряду других самоорганизующихся систем по вполне определенным принципиальным признакам. Сформулированная Пановкиным программа носит достаточно общий характер. Более конкретные исследования были позднее выполнены Л. В. Лесковым, который на основе системного анализа проблемы космических цивилизаций построил возможные модели эволюции КЦ³⁰⁰. Следует, впрочем, заме-

²⁹⁹ Пановкин Б. Н. Некоторые общие вопросы проблемы внеземных цивилизаций / Внеземные цивилизации. — М.: Наука, 1969. С. 391–437. Он же. Внеземные цивилизации — проблемы и суждения // Природа. 1971. № 7. С. 56–61.

³⁰⁰ Лесков Л. В. Модели эволюции космических цивилизаций // Земля и Вселенная. 1983. № 5. С. 59–53. Он же. Космические цивилизации: проблемы эволюции. — М.: Знание, 1985. 55 с. Он же. О системном подходе к проблеме космических цивилизаций / Проблема поиска жизни во Вселенной. — М.: Наука, 1986. С. 123–129.

тить, что подход Лескова не является «чисто системным», он содержит также элементы экстраполяции земного опыта.

5.4.1. Модели эволюции КЦ. Л. В. Лесков исходит из представления о КЦ как о динамически устойчивой самоорганизующейся системе, главным отличительным свойством которой является творческая деятельность по преобразованию окружающей среды, по созданию новых экологических ниш и повышению устойчивости своего существования. Он делит все возможные модели эволюции КЦ на два класса: детерминированные и стохастические. Детерминированные модели основаны на современных фундаментальных научных представлениях. В основе стохастических моделей лежат те или иные научные гипотезы, не получившие пока прямого экспериментального подтверждения. Стохастические модели можно рассматривать как вероятностный прогноз развития КЦ. Детерминированные модели не содержат (или почти не содержат) элементов случайности, но именно поэтому (несмотря на их внутреннюю согласованность) они могут оказаться менее вероятными, так как не учитывают возможность открытия совершенно новых явлений. По существу, эти модели основаны на экстраполяции современных тенденций развития науки и техники и не учитывают возможность новых фундаментальных открытий и появления на их основе совершенно новых непредвиденных технологий. Поскольку в рамках детерминированных моделей можно прогнозировать развитие вполне определенных технологий, Лесков называет эти модели технологическими, а развитие КЦ в рамках этих моделей — техноэволюцией. Следует подчеркнуть, что различие между двумя указанными классами моделей лежит не по линии «технологические — нетехнологические», а по линии «детерминированные — недетерминированные». Что касается «нетехнологической эволюции», Лесков считает, что она невозможна, поскольку технологию он понимает в самом широком смысле, как совокупность средств и методов, с помощью которых КЦ осуществляет свою творческую функцию. При таком понимании технология не всегда и не обязательно должна опираться на машинное производство. В этом смысле возможна «немашинная технология» и, соответственно, «немашинная» техноэволюция КЦ.

Остановимся подробнее на детерминированных (технологических) моделях. Для характеристики КЦ Лесков вводит три параметра: 1) энергетика, 2) информационная техника, 3) биология. В процессе эволюции цивилизация проходит через различные уровни,

каждый из которых характеризуется определенным развитием перечисленных параметров. Лесков вводит (условно) четыре уровня развития КЦ. Состояние цивилизации, соответствующее этим уровням, приводится в таблице 5.4.1. Уровень 1 соответствует состоянию нашей земной цивилизации на стадии вступления в космическую эру. Поскольку нас интересуют высокоразвитые КЦ, наибольший интерес представляют уровни 3 и 4.

Таблица 5.4.1

Уровни техноэволюции, по Л. В. Лескову

Уровень развития	Энергетика	Информационная техника	Биология
1	Химические источники энергии	Широкое использование ЭВМ, отраслевые АСУ	Исследования по генетике, молекулярной биологии, биохимии, биофизике, медицине, экологии
2	Ядерная и термоядерная энергетика, индустриализация космоса, водородная энергетика	Глобальная система обработки информации и управления, эвристическое программирование, искусственный интеллект	Ликвидация болезней, решение проблемы пищевых ресурсов, методы мобилизации ресурсов мозга
3	Химибиоэнергетика, энергопроизводительные и агропромышленные комплексы, когерентная технология	Машинное конструирование экологического оптимума биосферы и ноосферы	Управление генетическим кодом, симбиоз человек–машина, сохранение личности
4	Параэнергетика, репликация, геотехнология, экоэнергетика	Когерентные методы научных исследований, машинные методы получения качественно новой информации	Постсоциальная стадия развития КЦ — нообионт

Главная характеристика уровня 3, согласно Лескову, — переход основной части промышленности на безотходное производство, полное использование вторичных ресурсов, создание экологически сбалансированной энергетики. На этом этапе цивилизация оптимальным обра-

зом приспособливается к среде. Соответственно отличительная особенность уровня 3 по критерию управления — планомерное целенаправленное конструирование экологического оптимума в масштабе всей планеты. Наиболее захватывающая проблема этого этапа по биологическому критерию — «сохранение личности». По существу, это путь к бессмертию. Как подчеркивает Лесков, сохранение личности не означает консервацию на неопределенно долгий срок какого-то из ее стандартных состояний (даже такого приятного, как молодость); это скорее поддержание непрерывности и преемственности процесса развития личности.

Четвертая высшая ступень технологической эволюции в энергетическом плане характеризуется освоением таких перспективных источников энергии, как аннигиляция вещества с антивеществом, сверхплотные состояния материи, «мюонный катализ». Все эти виды энергетики Лесков обозначает термином «параэнергетика». На этом этапе решается также задача искусственного восстановления минеральных ресурсов (Лесков называет это геотехнологией). По-видимому, ее можно рассматривать как развитие безотходной технологии уровня 4. Принципиальная возможность существования таких технологий видна на примере биосферы, которая прекрасно справляется с задачей восстановления ресурсов. Правда, на это затрачивается солнечная энергия. Так что геотехнология не освобождает цивилизацию от энергетических затрат. Сочетание геотехнологии с параэнергетикой Лесков называет экоэнергетикой. По критерию управления уровень 4 характеризуется компьютерными методами получения качественно новой информации на основе эвристического программирования, построения математических моделей, использования вычислительных экспериментов и т. д. Эти методы Лесков называет когерентными методами получения новой информации. Наконец, по критерию самоорганизации разумной жизни цивилизация на уровне 4 вплотную подходит к проблеме создания «единого планетарного разума».

Процесс его возникновения происходит благодаря развитию многочисленных эффективных связей типа: человек–компьютер, коллектив–компьютер, человек–компьютер–человек. С одной стороны, это приводит к наиболее полному раскрытию индивидуальных творческих способностей и потенций личности, а с другой стороны, — к постепенному размыванию границ между индивидуальным интеллектом личности и интеллектуальным потенциалом всей цивилизации. Эту форму развития разумной жизни Лесков обозна-

чает термином «нообионт» (от греческих слов «ноос» — разум и «биос» — жизнь). А соответствующую фазу развития цивилизаций он называет нооунитарной. Переход к этой стадии позволяет облегчить решение проблем, связанных с информационным кризисом. Возникновение нообионта Лесков рассматривает как путь к бессмертию разума. Анализируя перспективу перехода к нообионту, он критикует идеи некоторых кибернетиков о вживлении миниатюрного компьютера в мозг человека, что, по их мнению, должно привести к эволюционному скачку в развитии человеческого вида. С этой критикой можно согласиться. Представляется, что развитие творческих возможностей человека пойдет совсем по иному пути: вместо вживления микрокомпьютеров — раскрытие неиспользованных резервов человеческой психики. Уникальные способности, которые демонстрируются отдельными людьми, показывают, что такие резервы имеются, надо только научиться раскрывать и развивать их, причем таким образом, чтобы обеспечить не одностороннее, а всестороннее, гармоническое развитие личности. Думается, что и решение проблемы создания коллективного разума и его бессмертия также следует искать на этом пути.

Мы описали основные характеристики различных этапов технологической эволюции. А каковы ее закономерности? В основе техноэволюции, считает Лесков, лежат два принципа: принцип гомеостатичности, означающий повышение степени гомеостаза со временем, и принцип дифференциации, согласно которому эволюция КЦ сопровождается последовательной дифференциацией и усложнением ее внутренней структуры (и соответствующим увеличением потоков информации, используемых для управления ее деятельностью). Другой важной особенностью техноэволюции является ее интенсивный (а не экстенсивный) характер, т. е. эволюция определяется не количественным ростом показателей потребления энергии и ресурсов, а качественными изменениями при переходе с одного уровня развития на другой. Такое развитие достигается за счет перехода к более прогрессивным технологиям, обеспечивающим поддержание динамического равновесия с окружающей средой. На этом основании Лесков полагает, что существование цивилизаций II и III типа (по Кардашеву) маловероятно. На достаточно высокой стадии развития КЦ основным содержанием ее деятельности становится получение, обработка и распределение потоков управляющей информации. Такие цивилизации Лесков называет *информационными*. Нооунитарные цивилизации относятся к их числу. Нако-

нец, важной особенностью техноэволюции является ее продолжительность. По оценке Лескова, она составляет $10^3 + 10^5$ лет³⁰¹.

Следующую стадию развития можно назвать *посттехнологической эволюцией*. Ранее рассмотренные уровни развития КЦ: 1, 2, 3 и 4, можно дополнить более высокими уровнями: 5, 6, 7, ... Тогда посттехнологическая эволюция будет состоять в последовательном переходе между этими все более высокими качественно различающимися уровнями. О содержании этих уровней в настоящее время невозможно сказать ничего определенного. Тем не менее, постольку поскольку общие закономерности развития, справедливые для техноэволюции, сохраняются, можно заключить, что продолжительность посттехнологической стадии хотя и увеличивается по сравнению со стадией техноэволюции в несколько раз (может быть, на порядок), все же она по-прежнему остается существенно меньше возраста Метагалактики.

Особняком от моделей технологической и посттехнологической эволюции находится модель, основанная на некоторых парадоксальных физических гипотезах. Лесков так и называет эту модель — *парадоксальной эволюцией*. Примером может служить уже знакомая нам гипотеза о макро-микросимметрии Вселенной, о фридмонах и об информационном проникновении КЦ в другие квазизамкнутые миры (другие метагалактики). Лесков обращает внимание также на особенности пространства-времени вблизи черных и белых дыр и на возможность существования «метагалактик» с совершенно иными физическими законами (ансамбль миров, о котором говорилось в гл. 3). Все эти гипотезы создают возможности для парадоксальной эволюции. Одна из таких возможностей была рассмотрена Кардашевым. Речь идет о путешествии КЦ в другие пространственно-временные миры с помощью ... черных дыр.

Рассмотрим такой мысленный эксперимент. Пусть в поле тяготения массивной черной дыры попадает корабль с космонавтами. Падая в чер-

³⁰¹ Системный анализ позволяет также сделать определенные социологические выводы. Так, Лесков, ссылаясь на основоположника кибернетики Норберта Виннера, подчеркивает, что капиталистическая система производства представляет собой образец антагонистической системы: возникающие в недрах ее хозяйственного механизма возмущения со временем не затухают, поэтому обеспечение экологически сбалансированного развития в рамках этой системы невозможно. «Только после победы коммунизма во всемирном масштабе, — пишет он, — создаются предпосылки для научно обоснованной практической постановки вопроса о переходе цивилизации к более высоким ступеням эволюции по критерию самоорганизации разумной жизни» (Лесков Л. В. Космические цивилизации... С. 25). Разумеется, речь идет не о той неудачной модели коммунизма, которую пытались реализовать в нашей стране.

ную дыру, он приближается к ее гравитационному радиусу. Для внешне-го наблюдателя это длится бесконечно долго, для него корабль *никогда* не достигнет гравитационного радиуса. Но сами космонавты достигнут его за конечное (и притом весьма короткое!) время по своим собственным часам, измеряющим время в их собственной системе отсчета. Спрашивается, что будет с космонавтами после того, как корабль погрузится под гравитационный радиус? Если тело коллапсировало до бесконечной плотности, то, погрузившись под гравитационный радиус, корабль с космонавтами, в конце концов, достигнет области очень большой плотности и неизбежно погибнет. Однако существует возможность избежать этого. В некоторых случаях, например, когда коллапсирует электрически заряженное тело, сжатие останавливается под гравитационным радиусом задолго до достижения бесконечной плотности³⁰². После этого начинается стадия расширения, тело выходит из-под гравитационного радиуса, и вместе с ним могут «вынырнуть» наши космонавты. Главная проблема в том, *где* они вынырнут? Ведь для внешнего наблюдателя время выхода из-под гравитационного радиуса, как и время погружения, бесконечно велико. Но если допустить, что существует множество пространственно-временных миров, множество «пространств», разделенных бесконечными временными интервалами, то космонавты могут вынырнуть в одном из таких миров — перед удивленным взором тамошних обитателей. Таким образом, заряженное коллапсирующее тело можно использовать в качестве «машин времени» для того, чтобы путешествовать в будущее. В области антиколлапса, где расширяющееся тело выходит из-под своего гравитационного радиуса («белая дыра»), цивилизация попадает в другой пространственно-временной мир и, пробыв в нем ровно столько, сколько ей нужно и интересно, она через черную дыру отправляется дальше, в следующий мир, путешествуя таким образом по бесконечному ансамблю миров³⁰³. Это будет путешествие без возвращения. Для того чтобы вернуться обратно, надо использовать топологические туннели (см. п. 1.15.3) — конечно, если они есть на самом деле.

Разумеется, приведенные здесь примеры дают лишь какое-то приблизительное представление о *возможных* путях парадоксальной

³⁰² На первый взгляд может показаться, что плотность вещества черной дыры (т. е. средняя плотность вещества под гравитационным радиусом) всегда очень велика, так что путешествовать там невозможно. Но на самом деле, это не так, все зависит от размеров черной дыры, точнее, от ее массы. Гравитационный радиус равен $2GM/c^2$. Для массы Солнца это дает около 3 км, а для массы Земли около 1 см. Конечно, если сжать Солнце или Землю до таких размеров, мы действительно получим чудовищную плотность. Но обратим внимание, что с ростом массы гравитационный радиус увеличивается пропорционально M , следовательно, объем внутри черной дыры возрастает пропорционально M^3 , а средняя плотность вещества под гравитационным радиусом уменьшается как M^{-2} . Для массы черной дыры, равной $10^8 M_\odot$, гравитационный радиус равен приблизительно 2 а. е. (300 млн км), средняя плотность составляет 2 г/см³. Для $M = 10^9 M_\odot$ средняя масса составляет 0,02 г/см³. Так что мы не случайно направили корабль к черной дыре очень большой массы.

³⁰³ Более подробно идеи путешествия во времени излагаются в увлекательной книге И. Д. Новикова «Куда течет река времени?» — М.: Молодая гвардия, 1990.

эволюции. Истинное содержание ее может очень сильно отличаться от этих предполагаемых путей. Но может быть, все-таки некоторые черты эволюции угаданы здесь правильно?

Парадоксальная и посттехнологическая модели относятся к стохастической эволюции. Еще одним примером стохастической эволюции является *космокреатика*. Это модель эволюции, подразумевающая гипотетическую деятельность разума, направленную на фундаментальную перестройку структуры материального мира. Развитие космокреатики логично и неизбежно должно привести к *автоэволюции* разумной жизни, т. е. к целенаправленной перестройке самих разумных существ и эволюции коллективного разума КЦ. Мы обсудим эти модели в следующих пунктах. Три последние модели (парадоксальная эволюция, космокреатика и автоэволюция) Лесков объединяет в группу *метанаучной* эволюции. Это название подчеркивает, что указанные модели основаны на представлении о незавершенности современной научной парадигмы, которая отнюдь не венчает процесс познания, она лишь часть иерархически более высокой системы — метанауки; поэтому впереди нас ждут новые фундаментальные открытия, ведущие к радикальным изменениям естествознания и техники, и открывающие тем самым путь метанаучной эволюции. Отличительная особенность этой группы моделей состоит в том, что продолжительность соответствующих фаз развития КЦ может быть весьма значительной, соизмеримой с космологическим масштабом времени.

Упомянем еще о финалистских моделях (связанных с гибелью цивилизаций), которые Лесков также относит к стохастической эволюции. Они приводят к короткой шкале жизни КЦ — мы частично касались этой проблемы в п. 4.3.3, посвященном времени жизни коммуникативных цивилизаций. В результате анализа финалистских моделей Лесков приходит к выводу, что космические цивилизации обладают высокой устойчивостью по отношению к возмущающим факторам как внешнего, так и внутреннего происхождения. Это не означает, что гибель цивилизаций вообще невозможна, но вероятность такого исхода, как полагает Лесков, очень мала. Возможность предотвращения кризисных ситуаций, считает он, будет зависеть, в первую очередь, от уровня понимания проблемы, чувства ответственности и доброй воли разумных существ, образующих космическую цивилизацию и готовых отстаивать свое будущее. При этом выход из потенциально опасных ситуаций КЦ будут искать, по всей вероятности, на пути интенсивного развития.

5.4.2. Космокреатика и автоэволюция

...выведите их под ночное небо и покажите мерцание бесчисленных миров. Скажите — к этому творчеству ведет вас Владыка. ...Нужно готовиться быть сотворцами.

«Иерархия»

Проблема космокреатика и различные варианты космокреатической деятельности детально обсуждаются в философской книге Станислава Лема «Сумма технологии»³⁰⁴. Анализ проблем Лем начинает с сопоставления двух эволюций: биоэволюции и техноэволюции. Он находит многие общие черты. Характерная черта обеих эволюций — возрастание эффективности гомеостаза со временем. Это наглядно демонстрирует нам биоэволюция, и в этом же состоит характерная черта техноэволюции. В связи с этим Лем критикует ортоэволюционные представления, согласно которым будущее представляется просто как увеличенное настоящее. Чего ждал от будущего человек каменного века? — спрашивает Лем. И отвечает: огромных великолепных обточенных камней. Не так ли поступаем и мы, когда пытаемся экстраполировать свои достижения в Будущее? «Может быть, — пишет Лем, — высокоорганизованная цивилизация — это вовсе не огромная энергия, а наилучшее регулирование?» И дальше: «Социостаз не должен быть эквивалентен растущей энергетической прожорливости». Лем отмечает и существенные различия между двумя видами эволюции. Различие говорит в пользу Конструктора-Природы, по сравнению с Конструктором-Человеком. В этом смысле биоэволюцию можно рассматривать как более совершенный тип техноэволюции, творцом которой выступает более совершенный Конструктор. Однако Лем не спешит с таким выводом. Вместо этого он выдвигает лозунг: «Догнать и перегнать Природу!» «Великий Конструктор-Природа в течение миллиардов лет проводит свои эксперименты... Человек, сын матери Природы», наблюдая за этой неутомимой деятельностью, ставит свой извечный вопрос о ее смысле. «Вопрос, наверняка, безответный, — говорит Лем, — если человеку суждено навсегда оставаться вопрошающим. Иное дело, когда человек будет сам давать ответы на этот вопрос, вырывая у Природы ее сложные секреты и по собственному образу и подобию развивая Эволюцию Технологическую».

³⁰⁴ Лем С. Сумма технологии. — М.: Мир, 1968. 607 с.

Пытаясь догнать и перегнать Природу, разумные существа когда-то должны приступить к конструированию миров. Создание миров Лем называет *пантокреатикой*, а людей, которые этим занимаются, — «конструкторами-космогониками». Пантокреатика начинается с подражания Природе, с попытки воспроизвести любое явление Природы: эту фазу пантокреатики Лем называет «имитологией». Имитология охватывает все материальные процессы, как естественные, так и искусственные. Она включает явления, которые самопроизвольно в Природе не возникают, но создание которых не противоречит законам Природы. Следующая стадия пантокреатики — «фантомология», она охватывает создание процессов, все более и более отличающихся от естественных — вплоть до «совершенно невозможных», противоречащих законам Природы. Это нечто вроде «голографического кино», где зритель одновременно является и действующим лицом, испытывая и переживая иллюзию, в творении которой он сам принимает участие. Высшей фазой пантокреатики является «космогоническое конструирование». Решающую роль в этом процессе играет информация. Поэтому прежде чем приступить к конструированию миров, надо научиться не только управлять информацией, но и «выращивать» новую информацию. Этой проблеме Лем уделяет очень много внимания.

Каким образом можно *выращивать* информацию? Очевидно, с помощью какого-то технологического процесса. В связи с этим Лем обсуждает различие между позицией ученого и позицией технолога. Предположим, у нас имеется «производственный рецепт», как создать какое-нибудь очень сложное устройство, например, синтезировать живую клетку. Если в результате технологического процесса мы, действительно, получим интересующий нас «конечный продукт», то технолог вполне удовлетворится этим результатом. Ученый же будет стремиться понять, *как* это происходит, он попытается создать «теорию синтеза организмов». В этом смысле технолог по характеру своей деятельности более похож на садовника, который, выращивая яблони и собирая плоды, не заботится о том, «как яблоня это сделала». Лем ставит вопрос, нельзя ли таким же образом выращивать информацию, получать «информационные плоды» с помощью некоей «информационной фермы», не особенно заботясь о том, как она это делает?

Но здесь может возникнуть другой вопрос — а зачем это нужно? Разве мы не удовлетворены традиционными методами получения научной информации с помощью научных теорий, которые лежат в основе при-

меняемой нами технологии? Дело в том, что наука не всегда может дать точное решение. Классический пример — задача n -тел в небесной механике. Как известно, существует точное решение задачи только для двух тяготеющих тел. Поэтому когда небесные механики вычисляют орбиту какой-нибудь планеты, они сначала предполагают, что, кроме этой планеты и Солнца, во Вселенной нет больше никаких тяготеющих тел (т. е. пренебрегают притяжением других тел), и в этом предположении вычисляют орбиту планеты. А затем вносят в результаты расчета поправки, обусловленные гравитационным возмущением других планет. Полученное решение будет приближенным, но если оно удовлетворяет практическим потребностям, его можно принять в качестве окончательного. Так обычно и поступают. Но должно же существовать точное решение! Более того, оно не только существует, но Природа *знает* это решение! Ведь, если мы поместим в некоторую область пространства n тяготеющих тел, зададим им определенные начальные скорости, то Природа быстро распорядится и распределит все n -тел по их траекториям. Вот бы нам научиться поступать так же!

Как решить эту задачу? А как решает свои задачи Природа? Лем обращает внимание на развитие зародыша. Это настоящая «химическая симфония», — говорит он. В результате разыгрывания этой симфонии из одного организма возникает другой организм. Так вот, информация должна возникать из информации, как организм из организма. Развитием зародыша управляет информация, содержащаяся в молекулах ДНК. Значит, если мы хотим вырастить информацию, мы должны создать «информационные молекулы», аналогичные молекулам ДНК. Попадая в соответствующую среду, информационные молекулы будут строить «организмы» в соответствии с заложенным в них алгоритмом. «Производственный рецепт» должен содержать определенные постулаты, лежащие в основании теории, и правила преобразования, правила вывода следствий из этих постулатов. Таким образом, на «информационной ферме» будут выращиваться «теоретические организмы», представляющие собой конструкции из «материализованных» мысле-образов.

Развивая эту идею, Лем указывает на то, что Конструктор может создать вид «эволюционирующих конечных автоматов». Всякий конечный автомат реализует определенный алгоритм. Если мы говорим об эволюционирующем конечном автомате, значит, он должен реализовывать изменяющийся алгоритм. Такое изменение может происходить под воздействием «окружающей среды» на основе того же механизма, как и в биоэволюции: «мутации» плюс «естественный отбор». То есть можно вводить определенные (или случайные) изменения в алгоритм, в результате которых будет генери-

роваться новая теория, которой предстоит пройти проверку практикой; теории, не прошедшие проверку, — отбраковываются. Ведь подобным же образом поступает и биоэволюция, она проверяет эволюционное решение на практике в процессе естественного отбора. Применительно к выращиванию информации, таким способом можно получить непрерывно эволюционирующую теорию (например, теоретическую физику).

Итак, на «информационной ферме» Лема непрерывно генерируются теории. Определенные устройства собирают факты, обобщают их, проверяют справедливость обобщений на новом фактическом материале, и этот «конечный продукт» уже после «техконтроля» выходит к потребителю. В грядущем, говорит Лем, ученые будут получать уже только теоретический экстракт и будут строить теории не из фактов, а из других теорий (впрочем, частично это происходит и в наше время). Производство научных теорий позволит перейти на метатеоретический уровень — к построению метатеорий. Причем все это делается с помощью описанной «информационной технологии».

Здесь мы вновь возвращаемся к ситуации садовника, который не знает, «как яблоня это делает». По этому поводу Лем замечает: «желание получить объясняющую теорию понятно. Но овладеть явлением ..., сделать его воспроизводимым ... важнее, чем понимать его сущность». Имея в виду, например, живой организм, мы можем сказать, что производственный рецепт его создания заложен в оплодотворенном яйце. Зная этот рецепт, мы могли бы воспроизвести явление. Поэтому Лем настаивает, что «производственный рецепт означает более высокий уровень овладения материальным явлением, чем научная теория». В очень содержательном послесловии к русскому изданию «Суммы» Б. В. Бирюков и Ф. В. Широков полемизируют с этой точкой зрения Лема. Они категорически заявляют: «Нет! Теория была и будет объясняющей! Оплодотворенная яйцеклетка не есть теория! ... Наука всегда дралась за объяснение. Вся армия ученых ... дралась и дерется за объяснение!» (С. 596). По поводу этой полемики можно заметить следующее. Думается, что наука дралась (и дерется) за объяснение потому, что ее задачей было (и есть) объяснение мира. Объяснение, которое не всегда и не сразу непосредственно соприкасается с нуждами практики. Речь не шла (и пока не идет) о конструировании миров, подобных тому, который мы изучаем. Пока нам надо *понять* тот мир, в котором мы живем. Но если (и когда) на повестку дня встанет вопрос о конструировании миров, то тогда на первое место может выйти не объясняющая, а технологическая функция (производственный рецепт). Этому, конечно, должен предшествовать этап понимания. Ведь прежде чем конструировать, например, какой-то конкретный тип самолета со всеми его деталями, конструктор должен пони-

мать принцип полета данного типа летательных аппаратов, иначе его модель может не взлететь. Наконец, важно выбрать уровень объясняющей теории. Так, для конструирования телескопа надо знать законы геометрической и волновой оптики, но можно не учитывать квантовую природу света. Впрочем, оставим эти «философские» рассуждения на суд читателя, а нам надо спешить вслед за Лемом на его «информационную ферму».

Выращивание информации по принципу производственного рецепта в процессе реализации определенного алгоритма сопряжено с ограничениями, которые присущи всякой формальной системе (например, математической логике). Лем уделяет этим проблемам большое внимание, они обсуждаются также в послесловии к «Сумме», но мы на них останавливаться не будем, ибо наша задача состоит только в том, чтобы дать понятие, как, в принципе, может работать «информационная ферма» КЦ. Отметим еще, что в конечном итоге информация создается для того, чтобы осуществить определенное взаимодействие между материальными объектами. Информационное взаимодействие осуществляется с помощью языка. Мы опустим и этот вопрос; заинтересованный читатель может обратиться к книге Лема. Мы же перейдем непосредственно к «космогоническому конструированию».

Следующий шаг на пути к космогоническому конструированию состоит, согласно Лему, в выращивании «информационного сперматозоида», с помощью которого создаются (именно создаются, а не изучаются) всевозможные явления и объекты, необходимые нам устройства, машины и организмы. Такой «сперматозоид» должен обладать как закодированной информацией, так и исполнительными органами. В отличие от биологического сперматозоида, который использует заданный материал — яйцеклетки, информационный сперматозоид берет его из окружающей среды; при этом он должен обладать способностью выбора необходимых материалов.

С помощью всех этих средств Космогоник может приступить к созданию миров. «Приступая к конструированию мира, — пишет Лем, — Космогоник должен сначала определить, каким будет этот мир; строго детерминистическим или индетерминистическим, конечным или бесконечным, ... станут ли в нем проявляться постоянные закономерности, которые можно назвать его законами, или же сами эти законы могут подвергаться изменениям». Творение Конструктора должно иметь определенные пространственные и временные измерения. «Можно иметь несколько времен, причем движущихся в различном направлении. Некоторые из них можно было

бы сделать обратимыми, другие же — нет». При этом внешний наблюдатель будет оценивать события в сконструированном им мире по своим собственным часам. В этом нет ничего необычного, ибо теория относительности уже приучила нас к различию между собственным временем движущейся системы и временем внешнего наблюдателя. Далее, Космогоник строит свои миры внутри Природы. При этом он может сделать их открытыми или замкнутыми. Если они открыты, то, находясь внутри их, можно наблюдать Природу. Обитатели такой системы (если Конструктор пожелает сделать ее обитаемой!) будут понимать свою принадлежность к Природе как к чему-то внешнему по отношению к их миру. Если Конструктор хочет скрыть от них это знание — он будет конструировать замкнутые миры. Внутри таких миров могут быть реализованы системы, задуманные различными философскими школами; могут выполняться различные законы, например можно ввести бесконечную скорость распространения сигналов — разумеется, в этом случае изменятся и другие законы физики.

Итак, Конструктор может сделать свои миры обитаемыми. Окинем мысленным взором один из подобных миров, представляющий собой нечто вроде Гигантского Компьютера. Такой мир может содержать множество звезд и планет с их океанами, сушей, с лесами, реками и озерами, с растениями и животными — и все это в виде электрических импульсов, пробегающих в бесчисленных цепях нашего Компьютера. Последнее обстоятельство не мешает обитателям созданного Космогониками мира воспринимать его во всем многообразии красок, форм, запахов и звуков. Ведь, в конце концов, замечает Лем, то, что мы воспринимаем как формы, запахи, звуки и т. д., в конечном итоге, являются не чем иным, как «суетней биоэлектрических импульсов в мозговых извилинах». Более того, сами разумные существа в этом сотворенном мире тоже представляются собой лишь определенные «электрические процессы»³⁰⁵.

Таким образом, в космогонике искусственными являются как мир, так и его обитатели. Однако никто из них об этом ничего не знает и знать не может. Почему? Это, считает Лем, — особая забота Конструктора.

Конструктор-космогоник стремится к тому, чтобы существа, обитающие в созданном им Космосе, никогда не распознали его искус-

³⁰⁵ «Процессы с некоей особой когерентностью, с таким взаимоотношением, с такими сопряжениями, что из этого возникает мыслящая и чувствующая личность» («Сумма технологий», с. 403).

ственности. Следует опасаться, полагает Лем, что сама догадка о существовании чего-либо вне их «Всего» побудит обитателей искусственного мира искать выхода из него. Нельзя «попросту помешать им найти выход — это значило бы отяготить их сознание отсутствием свободы». Поэтому выход «недопустимо ни маскировать, ни баррикадировать. Надо сделать так, чтобы сама догадка о существовании выхода стала невозможной». Лучше всего, считает Лем, «если какая-то действующая повсюду сила замкнет их мир так, чтобы он стал подобием шара; тогда его можно будет исколесить вдоль и поперек и нигде не натолкнуться на какой-либо «конец». Лем рассматривает и другие варианты решения. Все это напоминает ситуацию в том Мире, в котором мы живем, и невольно возникает вопрос — не намек ли это на то, что наш мир и мы сами были созданы Конструкторами Вселенной.

Какие причины могут побудить разумные существа заняться космотворчеством? Лем не дает ясного ответа на этот вопрос. Одна из причин — попытка избежать информационного кризиса, «защититься от информационной лавины». В связи с этим он отмечает, что «дочерняя цивилизация», в свою очередь, может построить внутри своего мира последовательность иерархически подчиненных миров, вложенных один в другой, наподобие матрешек. Такая конструкция отчасти напоминает систему взаимопроникающих квазизамкнутых миров Иддиса, о которых говорилось в п. 5.3.2, но, конечно, не тождественна ей. Напрашивается также аналогия с системами эзотерической философии, где также вводится множественность взаимопроникающих миров. Существенная разница, однако, состоит в том, что там наш мир рассматривается не как источник всей пирамиды миров, не как причина «всего», а как одно из следствий в процессе творчества, источник которого теряется в Беспредельности.

Другая причина конструирования миров — попытка воссоздать Трансцендентальность. Можно ли сконструировать бессмертие, вечную справедливость, воздаяние? — спрашивает Лем. И отвечает: да, можно. Для этого надо сконструировать «Тот Свет». Искусственно созданный мир условно разделяется на две части: обитающие в нем разумные существа и их окружение. Теперь к этим двум частям пристраивается еще третья. Когда мыслящее существо умирает, когда тело его обращается в прах, личность (вероятно, имеется в виду информационное содержание личности, отражающее ее мысли, эмоции, чувства, весь ее внутренний психический мир) «по особому

каналу переносится в третью часть машины. Там действует Справедливость, там Воздаяние и Возмездие...» Там есть свой «кибернетический рай, чистилище, ад». Впрочем, заключает Лем, «Тот Свет» может не иметь никаких точных эквивалентов ни в одной из земных религий. Конструировать его можно произвольно, и таких миров можно построить множество.

Возможно, полагает он, Конструкторы мира, содержащего «тот свет» в качестве своей составной части, придут к выводу, что жизнь там счастливее, чем в их мире. Тогда они перенесут туда (в созданный ими мир) зафиксированную в их генах наследственную информацию, и их дети, вместо того чтобы родиться в этом мире (мире своих предков), обретут более счастливое Бытие в искусственно созданном мире. Это уже принципиально новый шаг. До сих пор речь шла об обитателях искусственного мира, которые были созданы вместе с ним. Теперь же речь идет о переселении из мира «естественного» в мир «искусственный». Живя в нем, потомки космогоников могут верить (или не верить) в трансценденции — в существование Того Света, в Бессмертие, Воздаяние, Возмездие, Всепрощение, Всемогущее Милосердие и т. д., а затем, после смерти, они будут убеждаться в справедливости своих верований. Для человечества, которое таким образом обрело бы для себя все то, о чем оно мечтало веками, — это было бы Великим Исходом в Землю Обетованную. Не следует, конечно, слишком буквально принимать все эти построения, но они хорошо иллюстрируют возможности, открывающиеся в процессе «космогонического конструирования» и возникающие здесь философские и нравственные проблемы.

Заканчивая описание системы с «Тем Светом», Лем приводит воображаемый диалог между Конструкторами-космогониками и их «консервативными» оппонентами. Попытаемся воспроизвести этот диалог (не дословно, но близко к тексту).

— Но ведь все это обман, — говорят оппоненты. — Как можно осчастливить кого-то путем обмана?

— Почему обман? — возражают конструкторы, — только потому, что этот мир имеет иные законы, чем наш? Потому, что он богаче нашего на целую надстройку воплощенной трансценденции?

— Нет, — отвечают оппоненты. — Он не настоящий³⁰⁶. Это вы его создали.

³⁰⁶ «Иллюзия», «Майя» Восточной философии.

— А кто создал ваш «настоящий» мир? А если и у него был свой Создатель, тогда что же, и ваш «настоящий» мир — тоже мошенничество? Вообще, все на свете кто-то создал. Вот мы с вами создали цивилизацию, значит, и она тоже мошенничество?

— Не о том речь, — продолжают оппоненты, — эти существа на «Том Свете» будут заключены в каком-то хрустальном дворце свершения надежд, какого не бывает за его пределами.

— «Заключены»? — не сдаются конструкторы. — А что вам известно о его размерах? А если он величиной с Метагалактику? Считаете ли вы себя заключенными в Метагалактике, узниками окружающих вас звезд?

— Но ведь этот ваш мир — ложь, — настаивают оппоненты.

— А что истина? — отвечают конструкторы. — То, что можно проверить. Но в созданном нами мире можно проверить больше, чем здесь, ибо здесь все обрывается на границах чувственного опыта и расплывается вместе с ним, а там...

На этом дискуссия на страницах «Суммы» не заканчивается. Но мы вынуждены где-то остановиться и прервать этот диалог.

В какой степени все это правдоподобно? «Мне могут задать вопрос, — пишет Лем, — считаю ли я в какой-либо степени правдоподобным, что люди когда-нибудь возьмутся за такие — или хотя бы сходные — дела? На прямой вопрос надо прямо и отвечать. Думаю, что вряд ли. Но если представить себе все эти абсолютно неисчислимые миры разума, вращающиеся в недрах галактик..., то... чтобы во всех этих необъятных просторах звездной пыли никто никогда не подумал о таком начинании, не соразмерил своих сил с такого рода замыслами — именно это кажется мне вовсе неправдоподобным».

Отметим характерную черту космокреатики Станислава Лема: его космогонии конструируют миры, полностью отчужденные, не зависящие от Природы, замкнутые в самих себе. Причина этого, как кажется, в том, что одна из основных задач Лема состояла в объяснении парадокса «Молчания Вселенной» (см. следующую главу). Для этого ему и понадобились отчужденные от Природы, замкнутые в себе миры, где напряженная творческая деятельность КЦ не находит никакого проявления во внешнем мире. Но идея космогонического конструирования гораздо шире, она включает конструирование реальных миров, входящих в ткань Природы, в ткань нашего Космоса. Это могут быть звезды, планеты, звездные системы и даже

вселенные. Интересная идея космокреатики была предложена Л. В. Лесковым. Мы уже несколько раз упоминали о гипотезе фридмонов, согласно которой элементарная частица (фридмон) может заключать внутри себя целую вселенную. Будучи объектом микромира, фридмоны доступны направленному воздействию с помощью ускорителей элементарных частиц. Тем самым открывается принципиальная возможность активного воздействия на структуру мира, заключенного внутри фридмона. Как это делать, мы пока не знаем, да и не должны знать — это знание было бы для нас преждевременным. Вот когда мы научимся создавать такие миры, тогда, возможно, сможем и воздействовать на их внутреннюю структуру. К космокреатике следует отнести и гипотезы об искусственном происхождении ядер галактик и квазаров. В главе 3 мы упоминали также о гипотезе Н. С. Кардашева, согласно которой расширение Вселенной может быть следствием сознательной деятельности высокоразвитых космических цивилизаций. Но, пожалуй, самой захватывающей является гипотеза И. Д. Новикова о возможности создания вселенных в лаборатории.

Напомним, что, по современным представлениям, вселенные возникают из вакуумной пены. В момент рождения вселенная представляет собой пузырек материи в вакуумоподобном состоянии радиусом 10^{-33} см и плотностью 10^{94} г/см³ (см. п. 2.2.3). Нетрудно подсчитать, что масса этого «пузырька» составляет всего 10^{-5} г! Из этой ничтожной массы материи и рождается вся гигантская Вселенная с множеством образующих ее миров. Ничтожность массы и начальных размеров и порождает мысль о возможности воспроизвести этот процесс в лаборатории. В книге «Как взорвалась Вселенная» И. Д. Новиков рисует картину того, как это можно было бы сделать. Возьмем небольшую массу вещества сферической формы, зарядим электрически его поверхность и сожмем до размеров гравитационного радиуса. Образуется электрически заряженная черная дыра. Дальнейшее сжатие будет происходить под действием собственной гравитации образовавшейся черной дыры. В быстро уплотняющемся веществе, в конце концов, возникнет вакуумоподобное состояние. Благодаря наличию электрического заряда, сжатие меняется на расширение — начинается стадия раздувающейся Вселенной. Однако раздувание происходит в «другое» пространство. Поэтому, с точки зрения внешнего наблюдателя, породившего весь этот удивительный процесс, ничего примечательного с *его* Вселенной не происходит. Но создатели «новой вселенной» могут, в принципе,

посылать в нее сигналы, направляя их внутрь заряженной черной дыры. Может быть, в этих сигналах и содержатся «информоны» — «гены Вселенной», в которых закодированы все закономерности возникающего мира? Все это пока только предположения. Но если наши ученые уже сейчас могут теоретически создавать вселенные на бумаге, то, может быть, более развитые цивилизации могут создавать их практически?! «Пока человек лишь начал выходить за пределы своей колыбели — планеты Земля. Мы не можем пока влиять на движение миров. Но автор принадлежит к тем крайним оптимистам, — пишет Новиков, — которые верят, что добываемые знания о Вселенной превратят человечество в богов, смело поворачивающих штурвал эволюции нашей Вселенной»³⁰⁷. Однако для этого человек сам должен измениться, стать более совершенным.

В процессе панкреатической деятельности разумные существа изменяют собственный мир, в котором они живут. До какого-то времени они остаются, по выражению Лема, «последним реликтом, последним подлинным творением Природы». Такое состояние, считает Лем, не может продолжаться бесконечно. Разумные существа не могут изменять мир, не изменяя самих себя. Поскольку в искусственной среде, создаваемой цивилизацией, отсутствует естественный отбор, КЦ должны будут выработать долгосрочную программу «биологической автоэволюции». «Биологическая технология», говорит Лем, может сформироваться даже раньше «физической». В таком мире разумные существа преобразуют *себя* для того, чтобы иметь возможность жить в окружающей среде, в противоположность тому, что делают люди, которые преобразуют *среду* для того, чтобы жить в ней. В отличие от биологической эволюции вида это будет осознанная, запланированная и управляемая автоэволюция. Если же вначале возникает «небиологическая» технология, то со временем она неизбежно должна тоже привести к автоэволюции. Применительно к человеку речь может идти о создании, по выражению Лема, «следующей модели Homo Sapiens». Человек через тысячу или миллионы лет, говорит Лем, откажется от своего звериного наследства, от своего несовершенного, недолговечного, бренного тела. В результате может быть создано «почти бессмертное» существо, которому его собственное тело подчиняется столь

³⁰⁷ Новиков И. Д. Как взорвалась Вселенная. — М.: Наука, 1988. С. 168. См. также: Сажин М. В. Современная космология в популярном изложении. — М.: УРСС, 2002. С. 225–231.

же полно, как и среда, в которой оно обитает. Но основным свойством «усовершенствованной модели», по мнению Лема, должна стать ее *автоэволюционная потенция*, т. е. способность этих существ преобразовывать себя таким образом и в таком направлении, какое понадобится им в связи с создаваемой ими цивилизацией. Разумеется, нельзя рассматривать «телесную эволюцию» в отрыве от эволюции духа.

Каковы же пути автоэволюции? Лем обсуждает несколько возможных путей. Механическое и биологическое протезирование (замена и пересадка органов), хотя и может создать новый, более совершенный тип организма, тем не менее не входит в автоэволюцию, поскольку эти изменения не передаются по наследству³⁰⁸. Для осуществления автоэволюции необходимы изменения в геноипе. Их можно достигнуть либо путем терапии генов (биоинженерия на молекулярном уровне), либо путем направленного подбора супружеских пар для закрепления в эволюции полезных качеств организма. Мы не будем обсуждать эти проблемы, так как полагаем, что пока еще рано говорить о конкретных путях *биологической* автоэволюции, хотя сама идея представляется правомерной. Отметим лишь вопрос об ответственности, связанной с регулированием наследственности. Лем обращает внимание на то, что некоторые ученые хотели бы избежать ее. В связи с этим он замечает: «нельзя одновременно совершать открытия и пытаться уйти от ответственности за их последствия». Человек, познавая «конструкторское решение», не может притворяться, будто бы он накапливает исключительно теоретические знания. Тот, кто познает результаты «решений», кто получает полномочия принимать их, считает Лем, будет нести все бремя ответственности. С этим мнением трудно не согласиться.

Другой аспект автоэволюции рассматривается Л. В. Лесковым. Речь идет об эволюции КЦ в целом, о переходе ее на качественно

³⁰⁸ Развитие этого направления может привести к созданию искусственных существ или некоего симбиоза искусственных и естественных существ. Примером таких существ, согласно Лему, являются киборги (от слова киборгизация — кибернетическая организация). Киборг представляет собой гипотетический организм, специально создаваемый для адаптации к космической среде как «экологической нише». Он допускает приспособление к различным космическим средам. Это уже не частично «протезированный», а частично реконструированный человек. Однако основным строительным материалом его тела по-прежнему остается живая клетка. Поскольку все изменения, связанные с киборгизацией, не передаются по наследству, — киборг не входит в автоэволюцию.

новый, более высокий уровень за счет возникновения эффективных связей между отдельными разумными существами, ведущих к появлению коллективного Разума КЦ. Дальнейшее развитие коллективного разума, согласно Лескову, протекает в рамках гетерономной эволюции.

5.4.3. Гетерономная эволюция: путь к Метацивилизации

Теперь представьте на мгновение, что вам удалось путем химических реакций создать целый микрокосм. Ведь для этого творения вы будете Создателем. Почему же так трудно людям представить бесконечную цепь Создателей — от низших до Высших в Недосягаемости?

«Иерархия»

Все до сих пор рассмотренные модели описывают *автономную* эволюцию КЦ без учета ее взаимодействия с другими цивилизациями. Гетерономная³⁰⁹ эволюция означает одновременную эволюцию множества *взаимодействующих* КЦ. Упор делается на слове «взаимодействующих», ибо речь идет не просто о параллельном развитии многих цивилизаций, а о взаимодействии между ними, причем взаимодействии такого уровня, когда можно говорить о совместной эволюции в рамках *единой* системы более высокого ранга — Метацивилизации. Идея объединения цивилизаций в различной форме высказывалась рядом авторов: «Союзы ближайших солнц, союзы союзов и т. д.» (К. Э. Циолковский), «Великое Кольцо» (И. А. Ефремов), «Галактический клуб» (Р. Брейсуэлл). Мы уже упоминали об идее Н. С. Кардашева — объединения цивилизаций в компактную систему. С. Лем обращает внимание на то, что, если в каком-то месте Галактики в силу тех или иных причин образуется скопление КЦ, то, вследствие эффекта положительной обратной связи фон Хорнера, контакты между цивилизациями в этом «сгущении психозоя» будут нарастать, втягивая все большее и большее количество цивилизаций, что, в конечном итоге, должно привести к образованию некоего единого «Сверхорганизма». Такие условия легче всего могут реализоваться, например, в ядрах галактик или в центре шаровых скоплений. Но процесс интеграции в целом может быть типичен и для всей Галактики. «В дальнейшем, — пишет

³⁰⁹ Гетерономная от греческого слова «гетерос» — другой, разнородный.

Н. А. Уранов, — когда будет установлен эффект обитаемости всех миров, появится тенденция целесообразности объединения всего человечества Солнечной системы. Объединение человечества всего нашего Космоса и будет первой ступенью того, что называется **космическим слиянием**».

Л. В. Лесков рассматривает образование Метацивилизаций как закономерный этап эволюции Космического Разума. Согласно его концепции, на поздних стадиях техноэволюции по мере развития информационных КЦ происходит постепенное размывание границ между индивидуальным интеллектом и интеллектуальным потенциалом всей цивилизации, между отдельным индивидуумом и социумом в целом (образование «нообионта»). Переход КЦ на эту стадию эволюции вначале ведет к повышению эффективности функционирования, а затем может вызвать ее уменьшение вследствие излишней унификации разумной жизни, ограничения возможного разнообразия ее внутренних состояний. Один из эффективных путей разрешения этого противоречия Лесков видит в объединении с другими цивилизациями в рамках гетерономной эволюции.

В зависимости от способов обмена информацией между КЦ, входящими в Метацивилизацию, Лесков выделяет три модели Метацивилизаций: 1) ортодоксальная модель МЦ, основанная на использовании известных в настоящее время средств и методов, таких, как радиосвязь, посылка автоматических зондов и т. п.; 2) парадоксальная модель МЦ, в основе которой лежит возможность использования принципиально новых, неизвестных ныне явлений природы; 3) Метацивилизации искусственного происхождения. Последние образуются в том случае, когда внутренняя логика развития КЦ ставит ее перед необходимостью перехода к гетерономной эволюции, а партнеры по эволюции в доступных окрестностях КЦ отсутствуют, или ортодоксальные средства связи оказываются неэффективными. Тогда КЦ может приступить к искусственному созданию партнеров по гетерономной эволюции. Для этого может использоваться либо направленная панспермия («посев жизни»), либо различные формы космокреатики, рассмотренные в предыдущем пункте.

Каковы закономерности гетерономной эволюции? Принцип гомеостатичности можно считать универсальным, поэтому он, вероятно, сохраняется и для гетерономной эволюции. Эффективность КЦ можно характеризовать величиной энергии, расходуемой на получение единичного объема информации, необходимой для поддержа-

ния гомеостаза системы. Возникновение Метацивилизации приводит к увеличению эффективности вследствие «разделения труда» (разделения функций) между различными КЦ. С другой стороны, с ростом числа КЦ, образующих Метацивилизацию, увеличиваются энергетические затраты на поддержание связи между ними. Поэтому можно думать, что (по крайней мере, для ортодоксальных моделей МЦ) существует предельное число цивилизаций, входящих в МЦ, превышение которого вызывает уже не рост, а падение эффективности. Следовательно, Метацивилизации должны поддерживать численность составляющих их КЦ на некотором оптимальном уровне (достаточно далеком от предельного значения).

Дальнейшее повышение эффективности должно быть обеспечено за счет объединения МЦ, т. е. образования еще более высоких иерархических информационных структур («союзы МЦ», «Союзы союзов» и т. д.). Творческие возможности таких Иерархий безграничны. Воистину, они могут создавать миры: планетные системы, галактики и вселенные.

На стадии техноэволюции, как мы отмечали, характерной чертой развития является процесс дифференциации, усложнения внутренней структуры КЦ. С переходом к гетерономной эволюции все большую роль начинают играть *интеграционные* процессы. Еще одной важной особенностью гетерономной эволюции является значительное удлинение продолжительности жизни системы в целом, ибо, по мере прекращения существования отдельных КЦ (или выхода их из коммуникативной фазы), Метацивилизация может пополняться новыми КЦ. На это обращает внимание Л. Н. Никишин³¹⁰. В пределе, имея в виду Иерархическую лестницу Космических Цивилизаций, мы приходим к представлению о бесконечно долгом существовании Разума. Впрочем, на достаточно высоких ступенях этой Лестницы само понятие времени теряет привычный нам однозначный смысл. Например, если представить себе Метацивилизацию, основанную на представлениях о микро-макросимметрии Вселенной, т. е. охватывающую собой систему взаимопроникающих квазизамкнутых миров, то в такой системе миллиарды лет одного мира могут соответствовать ничтожным долям секунды другого мира.

³¹⁰ Никишин Л. Н. К вопросу о разработке стратегии поиска сигналов искусственного происхождения из космоса / Проблема поиска жизни во Вселенной. — М.: Наука, 1986. С. 130–136.

5.5. Космический субъект Лефевра

Мы не преклоняем главу во прах перед тайной
разума, ибо разрешили ее века назад.

«Чаша Востока»

В предыдущих параграфах этой главы мы рассмотрели два подхода, которые используются при изучении проблемы КЦ: экстраполяционный и системный. В отличие от этого, В. А. Лефевр, известный советский психолог и математик, работающий ныне в США, предложил принципиально иной подход. Он вообще не использует «технократическое» понятие «цивилизация», а оперирует понятием «Космический субъект». Отличительной особенностью Космического субъекта Лефевр считает наличие *совести*. «Наша специфическая особенность, — пишет он, — состоит не столько в том, что мы умны, сколько в том, что мы обладаем совестью. <...> ... формальная структура совести и является тем специфическим качеством, которое характеризует класс подобных нам космических существ. Такие существа, будучи тождественны нам своими глубокими человеческими переживаниями, могут, тем не менее, быть бесконечно далеки от нас по своей физической природе»³¹¹.

Лефевр развил математическую модель субъекта, совершающего выбор одной из двух полярных противоположностей, например моральный выбор между добром и злом, и способного проводить при этом последовательные акты саморефлексии, самоосознания. Чтобы избежать недоразумений, следует подчеркнуть, что понятия «добро» и «зло» в рамках модели не определяются. Определение их относится к компетенции философии, религии, этики. Модель лишь описывает *поведение субъекта*, принимающего ту или иную концепцию добра. Это свойство любой математической модели: она дает общие закономерности поведения системы, а конкретное «физическое содержание» определяется в зависимости от решаемой задачи. Например, математическая теория колебательных систем описывает их общие закономерности. Но в зависимости от решаемой задачи, она может прилагаться к описанию колебаний физического маятника или электрических осцилляторов и т. д.

Точно так же Космический субъект может придерживаться разной философии, религии, этики, и его конкретные действия, в зависимости от этого, могут различаться, но общие математические

³¹¹ Лефевр В. Космический субъект. — М., 1996. С. 9.

закономерности поведения, связанного с выбором между двумя этическими полюсами и осознанием этого выбора, будут одинаковы. Именно они и описываются моделью. Читателю следует иметь в виду это обстоятельство³¹².

5.5.1. Математическая модель Лефевра. Поведение субъекта в модели Лефевра описывается с помощью величины Y_1 . Если субъект всегда выбирает добро, $Y_1 \equiv 1$; если субъект всегда выбирает зло, $Y_1 \equiv 0$. В общем случае субъект с определенной вероятностью выбирает либо добро, либо зло: Y_1 — это вероятность того, что субъект выберет добро, а $(1 - Y_1)$ — вероятность того, что он выберет зло.

Выбор субъекта зависит от трех величин x_1, x_2, x_3 . Величина x_1 характеризует давление среды: $x_1 = 1$, если мир диктует субъекту сделать положительный выбор; $x_1 = 0$, если мир диктует субъекту сделать отрицательный выбор. В общем случае x_1 — вероятность того, что мир диктует положительный выбор, $0 \leq x_1 \leq 1$. Поведение субъекта определяется не только давлением среды но и его представлением об этом. Величина x_2 характеризует представление субъекта о том, что ему диктует мир. Если субъект думает, что мир диктует ему выбрать добро, $x_2 = 1$; если он думает, что мир диктует ему выбрать зло, $x_2 = 0$. В общем случае x_2 — это вероятность того, что субъект думает, будто мир диктует ему выбрать добро, $0 \leq x_2 \leq 1$. Наконец, x_3 характеризует желание самого субъекта: $x_3 = 1$, если субъект желает сделать позитивный выбор, и $x_3 = 0$, если он желает сделать негативный выбор. В общем случае x_3 — вероятность того, что субъект хочет сделать позитивный выбор, $0 \leq x_3 \leq 1$. Поведение субъекта есть функция величин x_1, x_2, x_3 . Это можно записать в виде $Y_1 = f(x_1, x_2, x_3)$. Чтобы иметь возможность делать конкретные численные прогнозы, надо знать вид функции $f(x_1, x_2, x_3)$.

В модели Лефевра зависимость $Y_1 = f(x_1, x_2, x_3)$ дается простым алгебраическим выражением:

$$Y_1 = x_1 + (1 - x_1 - x_2 + x_1 x_2) x_3; \quad (5.14a)$$

или

$$Y_1 = x_1 + (1 - x_1)(1 - x_2) x_3. \quad (5.14б)$$

³¹² Мне приходилось участвовать в нескольких семинарах, где обсуждалась модель Лефевра. И хотя докладчики предупреждали, что определение «добра» и «зла» находится вне рамок модели, тем не менее, обычно по окончании доклада следовала серия вопросов: а что такое добро?

Пусть $x_1 = 0$ и $x_2 = 0$, тогда $Y_1 = x_3$, т. е. поведение субъекта совпадает с его желанием. А это означает, что субъект обладает *свободой воли*. Правда, свобода воли реализуется при единственном наборе значений параметров x_1 и x_2 ($x_1 = x_2 = 0$). Пусть при этом $x_3 = 0$, тогда Y_1 тоже равен нулю, это представляется тривиальным. Гораздо интересней другой крайний случай: $x_3 = 1$, $Y_1 = 1$. Значит, если субъект желает выбрать добро, то он выбирает его, несмотря на то, что мир толкает его к противоположному выбору ($x_1 = 0$), и он знает об этом ($x_2 = 0$). Отсюда следует, что если субъект сделал негативный выбор ($Y_1 = 0$), то его внутреннее желание было негативным. То есть субъект, имеющий свободу воли, *несет ответственность за свой выбор*.

Вероятность x_3 , с которой субъект намерен сделать тот или иной выбор, вообще говоря, отличается от вероятности Y_1 , с которой он реально делает этот выбор. Если $Y_1 \neq x_3$, это значит, что субъект хочет сделать один выбор, а фактически (под влиянием обстоятельств) делает другой выбор, т. е. его желание, его внутренний выбор является нереалистичным. Если при некоторых значениях параметров x_1 и x_2 выбор $Y_1 = x_3$, то такой выбор можно считать реалистичным. Субъект, для которого выбор всегда (при любых значениях параметров x_1 и x_2) реалистичен, Лефевр называет Реалистом. Для Реалиста:

$$Y_1 = \frac{x_1}{x_1 + x_2 - x_1 x_2}, \quad \text{если } x_1 + x_2 > 0. \quad (5.15)$$

Следующий шаг связан с введением *полезности альтернатив*. Смысл этого понятия можно уяснить с помощью такого примера. Пусть некто хочет продать свой пистолет. Он может сдать его в полицию и получить 20 долларов, а может продать торговцу оружием и получить 50 долларов. Однако в этом случае пистолет может попасть в руки преступника. Сдача пистолета в полицию ассоциируется с позитивным выбором, а продажа торговцу оружием — с отрицательным. Полезность в данном случае ассоциируется с выгодой, измеряемой ценой пистолета в том или другом случае. Позитивный выбор имеет полезность 20, негативный — 50. Математически задача аналогична психологическому эксперименту, когда испытуемому предъявляется набор стержней разной длины, затем набор убирается, демонстрируется один из ранее показанных стержней, и испытуемый должен ответить на вопрос, каким является данный стержень — длинным или коротким. Здесь полезности определяются в единицах «похожести» на самый длинный или самый короткий стержень. Но смысл их тот же.

Обозначим полезности позитивного и негативного полюса на неосознанном уровне v_1, v_2 , а те же полезности на уровне знания u_1, u_2 . Величину x_1 можно интерпретировать как давление в сторону позитивного выбора на неосознанном уровне, а величину x_2 — как давление в сторону позитивного выбора на осознанном уровне (или уровне знания), соответственно $(1 - x_1)$ — давление в сторону негативного выбора на неосознанном уровне, а $(1 - x_2)$ — давление в сторону негативного выбора на уровне знания. Предполагается, что величина давления пропорциональна полезностям альтернатив. То есть:

$$x_1 = \frac{v_1}{v_1 + v_2}, \quad 1 - x_1 = \frac{v_2}{v_1 + v_2}; \quad (5.16)$$

$$x_2 = \frac{u_1}{u_1 + u_2}, \quad 1 - x_2 = \frac{u_2}{u_1 + u_2}. \quad (5.17)$$

Подставляя эти значения x_1 и x_2 в (5.15), получим:

$$Y_1 = \frac{v_1}{v_1 + \frac{u_1}{u_1 + u_2} v_2}, \quad \text{если } v_1 + u_1 > 0. \quad (5.18)$$

В задаче о продаже пистолета можно положить $v_1 = u_1 = 20$, $v_2 = u_2 = 50$. Следовательно,

$$Y_1 = \frac{20}{20 + 20 \times 50 / (20 + 50)} \approx 0,583.$$

То есть модель предсказывает, что при данных условиях человек сдаст свой пистолет в полицию с вероятностью 0,583.

Интересным свойством модели является то, что она позволяет *отделить добро от пользы*. Пусть субъект имеет позитивную интенцию (желание выбрать добро), т. е. $x_3 = 1$, и пусть при этом он неукоснительно выбирает добро ($Y_1 = 1$). Такому выбору соответствует уравнение $f(x_1, x_2, 1) = 1$, или в развернутом виде:

$$x_1 + (1 - x_1)(1 - x_2)1 = 1. \quad (5.19)$$

Уравнение превращается в тождество при условии $x_1 = 1$ или $x_2 = 0$ (или при выполнении одновременно обоих условий). Случай $x_1 = 1$ тривиален: субъект желает выбрать добро, мир толкает его к этому выбору, и он делает его. Более интересен случай $x_1 \neq 1, x_2 = 0$. Из (5.17) следует, что это возможно при условии $u_1 = 0$, т. е. при условии, когда полезность позитивной альтернативы на уровне знания

равна нулю. Иными словами, *при положительной интенции и отсутствии «позитивного» диктата мира субъект неукоснительно выбирает позитивный полюс тогда и только тогда, когда на уровне знания позитивный полюс не имеет положительной полезности*. А это и означает отделение добра от полезности — требование, которое лежит в основе этики всех мировых религий.

5.5.2. Золотое отношение. Модель Лефевра нашла подтверждение в многочисленных психологических тестах, в которых испытуемому предлагалось совершить тот или иной выбор. Она также позволила объяснить ряд психологических феноменов, в том числе результаты голосования на референдумах. Мы не будем останавливаться на этих экспериментах, читатель может познакомиться с ними по книге Лефевра. Рассмотрим в качестве иллюстрации случаи, когда в экспериментах появляется «золотое сечение».

Это относится к ситуациям, когда отсутствуют объективные данные для оценки величин x_1, x_2 . Примером может служить эксперимент Р. Зайонца. Студентам показывали узоры, напоминающие китайские иероглифы. При этом им говорилось, что это настоящие китайские прилагательные и предлагалось оценить степень позитивности каждого такого «прилагательного». Поскольку узоры на самом деле не были иероглифами, в них не содержится никакой объективной информации о китайских прилагательных. Это пример искусственной ситуации, когда объективная информация о величинах x_1, x_2 отсутствует. Предлагались и другие эксперименты такого рода. Модель Лефевра в этом случае приводит к уравнению: $Y_1^2 + Y_1 - 1 = 0$. Решение его:

$$Y_1 = (\sqrt{5-1})/2 = 0,618\dots,$$

а это и есть знаменитое «золотое сечение» или «золотое отношение»³¹³.

³¹³ «Золотое сечение» или «золотое отношение» связано с делением отрезка AB на две части таким образом, что большая его часть AC является средней пропорциональной между всем отрезком AB и его меньшей частью BC . Иными словами, длина отрезка так относится к его большей части, как большая часть относится к меньшей: $AB : AC = AC : CB$. Алгебраически золотое сечение сводится к решению уравнения $1 : x = x : (1 - x)$. Откуда $x = (\sqrt{5} - 1)/2 \approx 0,618$. Иногда «золотое отношение» вводится с помощью чисел Фибоначчи. Так называется последовательность 1, 1, 2, 3, 5, 8, ..., в которой каждый последующий член равен сумме двух предыдущих. Если взять отношение двух соседних членов ряда Фибоначчи u_n/u_{n-1} , то при $n \gg 1$ это отношение сходится к золотому сечению. Золотое сечение с древнейших времен считается символом гармонии, символом совершенного и прекрасного. Оно широко используется в живописи, архитектуре. В последнее время золотое сечение все чаще находят не только в искусстве, но и в природе.

Можно было бы ожидать, что в отсутствие объективной информации о величинах x_1 , x_2 субъект сделает выбор каждой из двух возможностей (0 или 1) с вероятностью, равной $1/2$. Но модель в согласии с экспериментом показывает, что это не так: субъект делает асимметричный выбор. Одна из альтернатив выбирается с вероятностью 0,618, другая — с вероятностью $1 - 0,618 = 0,372$. Число 0,62, как устойчивое значение частоты выбора, появлялось в ряде психологических экспериментов. Однако почему это так, оставалось не ясным. Некоторые авторы догадывались и выдвигали гипотезу, что точное значение частоты должно равняться золотому отношению 0,618.... Модель Лефевра доказывает это теоретически.

Примером более сложной ситуации, когда также появляется «золотое отношение», является «задача о разрезании пирога». Представим себе, что имеется пирог прямоугольной формы. Субъект должен разрезать его на две (равные или неравные) части и одну из них взять себе. Предполагается, что желание взять ту или иную часть пирога пропорционально ее длине. А социальный статус, напротив, обратно пропорционален длине взятого куска: чем больший кусок субъект забирает себе, тем хуже он будет выглядеть в глазах окружающих. И, напротив, чем больший кусок он оставит другим, тем выше его будут оценивать. Требуется определить, с какой вероятностью субъект возьмет себе меньшую (или большую) часть. Оказывается модель позволяет не только решить эту задачу, но дает еще дополнительные сведения о том, на какие именно части будет разрезан пирог. Модель дает два решения. Первое достаточно однозное: субъект забирает себе весь пирог с вероятностью 1. Второе решение более интересное: субъект разрезает пирог в отношении «золотого сечения» 0,618 и берет себе большую часть с вероятностью 0,618.

5.5.3. Саморефлексирующий субъект. Основная трудность в изучении психологии субъекта, как подчеркивает Лефевр, состоит в том, что его внутренний, субъективный мир полностью недоступен наблюдателю. Единственное, что можно наблюдать — это поведение субъекта, которое зависит как от его внутреннего состояния, так и от влияния окружающего мира. Можно ли на основе поведения субъекта судить о его внутреннем состоянии? Путь к этому лежит через изучение процесса саморефлексии, т. е. осознания субъектом своего поведения. Что значит, что субъект осознает свое поведение? Пусть готовность субъекта сделать позитивный выбор равна

Y_1 ; субъект, сознающий свое поведение, не просто готов сделать этот выбор, но он знает, что он готов сделать его. А раз это так, значит субъект имеет некий образ себя. Причем этот образ, в каком-то смысле, должен быть правильным. Ведь если субъект имеет неправильный образ себя, то трудно говорить о том, что он осознает свое поведение. В процессе последовательной рефлексии образ себя также осознает свое поведение. Следовательно, у него появляется свой образ себя. Этот вторичный образ себя Лефевр называет моделью себя (см. рис. 5.5.1). Задача состоит в том, чтобы на основе поведения субъекта извлечь информацию о его внутреннем мире или, как говорит Лефевр, о его ментальной сфере. Согласно Лефевру, это можно сделать посредством математического анализа функции, описывающей поведение субъекта.

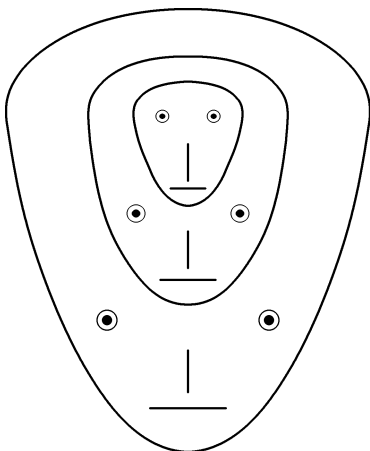


Рис. 5.5.1. Схема саморефлексирующего субъекта, по В. А. Лефевру.

Большая рожица символизирует субъект, меньшая, вложенная в нее, — образ себя у субъекта, самая маленькая — модель себя у субъекта

него мира x_1 и взглядом самого субъекта на свое поведение, его представлением себя или его образом себя. Это утверждение можно записать в виде

$$Y_1 = F(x_1, Y_2), \quad (5.20)$$

где Y_2 — образ себя у субъекта. Для того чтобы этот образ был правильным, надо, чтобы переменная Y_2 выражалась той же самой функцией F , что и переменная Y_1 . То есть:

$$Y_2 = F(x_2, x_3), \quad (5.21)$$

где x_2 — представление субъекта о воздействии мира, а x_3 — представление себя, но не у самого субъекта, а у его образа себя, т. е. это модель себя. Подставляя это выражение для Y_2 в (5.20), получим:

$$Y_1 = F(x_1, F(x_2, x_3)). \quad (5.22)$$

Но

$$Y_1 = x_1 + (1 - x_1 - x_2 + x_1x_2)x_3. \quad (5.14a)$$

Следовательно, мы получаем функциональное уравнение

$$F(x_1, F(x_2, x_3)) = x_1 + (1 - x_1 - x_2 + x_1x_2)x_3. \quad (5.23)$$

Как показал Лефевр, единственным решением этого уравнения является функция

$$Y_2 = 1 - x_3 + x_2x_3, \quad (5.24)$$

которая и описывает образ себя у субъекта. Для Реалиста это выражение приобретает вид

$$Y_2 = \frac{x_2}{x_1 + x_2 - x_1x_2}, \quad \text{если } x_1 + x_2 > 0. \quad (5.25)$$

Важную роль в модели Лефевра играют *диаграммы рефлексии*. Для субъекта, совершившего один акт осознания, диаграмма может быть представлена в виде следующей таблицы (матрицы):

$$\begin{array}{ccc} Y_1 & Y_2 & Y_1 \\ S_1 & S_2 & S_3 \\ x_1 & x_2 & x_1 \end{array} \quad (5.26)$$

Здесь S_1 — субъект, S_2 — образ себя у субъекта, S_3 — модель себя.

Диаграмму (5.26) можно прочесть следующим образом. Первый столбец: мир давит на субъекта S_1 с силой x_1 и вызывает реакцию Y_1 (или: стимул x_1 действует на S_1 и вызывает реакцию Y_1). Второй столбец: субъект знает, что стимул x_2 действует на него (S_2) и вызывает реакцию Y_2 . Третий столбец: субъект *осознает*, что стимул x_1 действует на него (S_3), вызывая реакцию Y_1 .

В процессе последовательных актов самоосознания субъект переходит из одного состояния в другое. При этом сущность осознания, согласно Лефевру, состоит в том, что *предшествующее состояние начинает играть роль модели себя в новом состоянии*. Для субъекта, совершившего n актов осознания, диаграмма рефлексии имеет вид

$$\begin{array}{cccccc} Y_1 & Y_2 & Y_1 & \dots & Y_2 & Y_1 \\ S_1 & S_2 & S_3 & \dots & S_{m-1} & S_m \\ x_1 & x_2 & x_1 & \dots & x_2 & x_1 \end{array} \quad (5.27)$$

Здесь $m = 2n + 1$ и для любой тройки значений S_{k-1} , S_k , S_{k+1} . Символ S_k означает образ себя у субъекта S_{k-1} , а S_{k+1} — образ себя у S_k или модель себя у S_{k-1} .

5.5.4. Термодинамическая модель субъекта. Мы описали в общих чертах математическую модель субъекта, способного осознавать свое поведение и делать соответствующий выбор в пользу позитивного или негативного полюса. Поставим теперь такой вопрос: существует ли физическая система, которая описывается той же математической моделью? Если да, то эта система, в свою очередь, может

рассматриваться как модель субъекта. Но это, конечно, не означает, что соответствующий физический процесс объясняет механизм работы сознания.

Речь идет только о модели. В том же смысле, как электрические процессы могут моделировать действие механических устройств, если они описываются теми же математическими выражениями. Лефевр обратился к термодинамике и рассмотрел определенным образом устроенную цепочку тепловых машин, в которой каждой машине соответствует один из «образов себя» рефлекслирующего субъекта. При этом удалось получить новые характеристики субъекта. Так оказалось, что работа, производимая каждой машиной, соответствует интенсивности переживания, связанного с данным «образом себя», а частотные характеристики психической деятельности субъекта, которые вытекают из этой модели, соответствуют частотам натуральных интервалов музыкального ряда.

Рассмотрим последовательность резервуаров тепла с температурами, образующими убывающую геометрическую прогрессию $T_1, T_2, T_3, \dots, T_m$:

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{T_2}{T_3} = \frac{T_3}{T_4} = \dots = \frac{T_k}{T_{k+1}}, \quad \text{где} \quad \frac{T_1}{T_2} > 1. \quad (5.28)$$

Поместим между каждыми двумя резервуарами тепловые машины $M_1, M_2, M_3, \dots, M_m$ (рис. 5.5.2). Машина M_m забирает из резервуара с температурой T_m тепло Q_m , производит работу W_m и отдает оставшееся тепло Q_{m+1} в резервуар с температурой T_{m+1} . При этом каждая последующая машина забирает из горячего резервуара то количество теплоты, которое отдает в него предыдущая машина. Коэффициенты полезного дей-

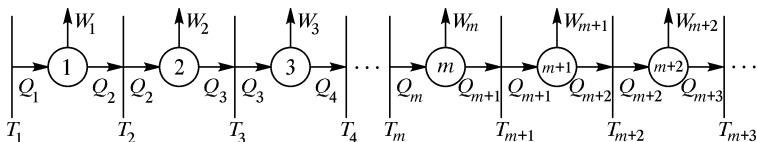


Рис. 5.5.2. Термодинамическая модель саморефлеклирующего субъекта, по В. А. Лефевру. Пояснения в тексте

ствия машин подобраны так, что каждая машина (за исключением первой) производит работу, равную *потерянной доступной работе* предыдущей машины.

Напомним, что потерянная доступная работа равна разности между максимально возможной работой, которую может произвести тепловая машина при заданной температуре резервуаров, и реально производимой работой. Максимальную работу производит *обратимая* тепловая машина, у которой КПД равен $(T_m - T_{m+1})/T_m$. Значит, потерянная доступ-

ная работа равна энергии, которую теряет тепловая машина в силу несовершенства своей конструкции, иными словами, это та дополнительная работа, которую могла бы произвести данная машина, если бы она была обратимой. В рассматриваемой цепочке каждая тепловая машина как бы компенсирует несовершенство предшествующей, производя работу, равную ее потерянной доступной работе. Имеем:

$$W_m = Q_m - Q_{m+1} = \Delta W_{m-1}, \quad (5.29)$$

где ΔW_{m-1} — потерянная доступная работа машины M_{m-1} .

Можно показать, что в рассматриваемой цепочке машин имеют место следующие соотношения. Для машин с нечетными номерами $m = 2k+1$ количество тепла, которые они получают из горячего резервуара, равно

$$Q_m = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^k Q_1, \quad (5.30)$$

а произведенная ими работа

$$W_m = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^k (Q_1 - Q_2). \quad (5.31)$$

Для машин с четными номерами $m = 2k + 2$:

$$Q_m = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^k Q_2, \quad (5.32)$$

$$W_m = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^k \left[Q_2 - \left(\frac{T_2}{T_1}\right) Q_1 \right]. \quad (5.33)$$

Определим теперь коэффициенты полезного действия ρ_m в цепочке тепловых машин. Оказывается, они образуют периодическую последовательность:

$$\rho_m = \rho_1, \quad \text{если } m \text{ нечетно,}$$

$$\rho_m = \rho_2, \quad \text{если } m \text{ четно,}$$

где

$$\rho_1 = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}, \quad \rho_2 = \frac{Q_2 - \left(\frac{T_2}{T_1}\right) Q_1}{Q_2}. \quad (5.34)$$

Пусть ω_m — относительный КПД машины m , равный отношению произведенной работы к работе, производимой обратимой машиной, помещенной между теми же резервуарами m и $m + 1$:

$$\omega_m = \frac{\rho_m}{(T_1 - T_2)/T_1}. \quad (5.35)$$

Величины ω_m также образуют периодическую последовательность:

$$\omega_m = \omega_1, \quad \text{если } m \text{ нечетно}$$

$$\omega_m = \omega_2, \quad \text{если } m \text{ четно.}$$

При этом ω_1 и ω_2 выражаются через коэффициенты ρ_1 и ρ_2 следующим образом:

$$\omega_1 = \frac{\rho_1}{\rho_1 + \rho_2 - \rho_1\rho_2}, \quad (5.36)$$

$$\omega_2 = \frac{\rho_2}{\rho_1 + \rho_2 - \rho_1\rho_2}. \quad (5.37)$$

Структура этих выражений полностью совпадает с выражениями

$$Y_1 = \frac{x_1}{x_1 + x_2 - x_1x_2}, \quad (5.15)$$

$$Y_2 = \frac{x_2}{x_1 + x_2 - x_1x_2}. \quad (5.25)$$

Таким образом, последовательность машин M_k вместе с их параметрами ρ_k и ω_k можно представить в виде диаграммы:

$$\begin{array}{cccccc} \omega_1 & \omega_2 & \omega_1 & \dots & \omega_2 & \omega_1 \\ M_1 & M_2 & M_3 & \dots & M_{m-1} & M_m \\ \rho_1 & \rho_2 & \rho_1 & \dots & \rho_2 & \rho_1 \end{array} \quad (5.38)$$

Сравнивая эту диаграмму с диаграммой рефлексии (5.27) и учитывая одинаковую зависимость между верхними и нижними параметрами в обеих диаграммах, мы можем установить, полное, взаимно однозначное соответствие между ними. А это и означает, что рассматриваемая цепочка тепловых машин описывается математической моделью рефлексии субъекта и, следовательно, сама может служить его моделью.

Итак, особым образом сконструированная цепочка тепловых машин может служить физической моделью рефлексии субъекта, способного многократно осознавать себя. Каждый новый акт осознания в этой модели сводится к добавлению в систему двух новых машин. В физической модели появляется новое качество, которого не было в математической модели субъекта — это работа W_i , производимая каждой машиной M_i . Лефевр сопоставляет ее с чувством, точнее с интенсивностью чувства, которое переживает субъект. Основанием для введения чувства в модель рефлексии субъекта явилось то обстоятельство, что (как показало исследование некоторых психологических расстройств) субъект не только испытывает эмоции, но он чувствует, что он испытывает эмоции, и чувствует, что он чувствует, что он испытывает эмоции. Работа W_i сопоставляется с интенсивностью чувства, которое испытывает субъект S_i . При этом W_1 соответствует чувству, как таковому, W_2 соответствует чувству, которое субъект «видит» в себе, а W_3 — чувству, которое видит его образ себя.

Вторым элементом, который возникает в физической модели (и тоже связан с работой), является *частотная характеристика*. Пусть, например, каждая машина представляет собой циклически работающий одноцилиндровый двигатель. Рассмотрим работу машин в единицу времени. Если W_i — мощность i -й машины, а h — работа, совершаемая каждой машиной в течение одного цикла движения поршня (например, подъем груза h на высоту одного сантиметра), то $W_i = hv_i$, где v_i — число циклов, которое совершает i -я машина, или *частота колебаний* поршня i -й машины. Частотные характеристики тепловой модели можно сопоставить с частотными свойствами, присущими психической деятельности субъекта, например, с частотой звука, которую выбирает музыкант. Это и есть следующий шаг в модели Лефевра — построение модели музыканта.

5.5.5. Модель музыканта. Построение модели музыканта Лефевр начинает с анализа интервалов музыкального ряда. Какова математическая структура интервалов? Интервалы натурального строя можно представить в виде следующей таблицы:

1/1	8/9	5/6	4/5	3/4	2/3	5/8	3/5	7/12	4/7	5/9	8/15	1/2
1/2	9/16	3/5	5/8	2/3	3/4	4/5	5/6	6/7	7/8	9/10	15/16	1/1

Произведение каждой дроби, стоящей в верхнем ряду, на дробь, находящуюся под ней, дает $1/2$. То есть в эту таблицу натуральные интервалы входят вместе со своими октавными дополнениями. Лефевр использовал все интервалы, за исключением тритона ($32/45$) и его октавного дополнения ($45/64$). Некоторые интервалы в верхней и нижней строке дублируются. Если теперь вычеркнуть интервалы, которые уже присутствуют в верхней строке, то получим следующее представление множества натуральных интервалов:

1/1	8/9	5/6	4/5	3/4	2/3	5/8	3/5	7/12	4/7	5/9	8/15	1/2
	9/16							6/7	7/8	9/10	15/16	

Эти числа, за исключением унисона ($1/1$) и октавы ($1/2$), могут быть представлены в виде следующих дробей:

$$d = \frac{k+1}{k+2}; \quad (5.39)$$

$$d' = \frac{1}{2} \frac{k+2}{k+1}; \quad (5.40)$$

где k — целое положительное число.

Задача модели состоит в том, чтобы объяснить, почему «музыкант» выбирает именно эти, а не какие-то иные отношения частот. Музыкант моделируется с помощью агрегата из трех машин M_1, M_2, M_3 с мощностями W_1, W_2, W_3 . Предполагается, что машины M_1 и M_2 находятся в резонансе, т. е. $W_1/W_2 = M$, где M равняется k или $1/k$, $k = 1, 2, 3...$ Выбор интервала $d = f_1/f_2$ состоит в выборе частот f_1 и f_2 . Пусть задана частота f_1 , субъект-музыкант выбирает частоту f_2 , при этом его состояние Y_1 описывается отношением f_1/f_2 , т. е. $Y_1 = f_1/f_2$. Каждому выбору частоты $f_2^{(i)}$, т. е. каждому выбору интервала $f_1/f_2^{(i)}$, соответствует определенное состояние субъекта $Y_1^{(i)} = f_1/f_2^{(i)}$. Предполагается, что в момент выбора субъект-музыкант находится в нейтральном состоянии, т. е. давления в сторону позитивного и негативного полюса равны ($x_1 = 1/2$). При этих условиях можно получить:

$$Y_1 = \frac{k+1}{k+2}$$

или

$$Y_1 = \frac{1}{2} \frac{k+2}{k+1}.$$

То есть субъект выбирает как раз те отношения частот, которые входят в набор натуральных интервалов. Таким образом, модель объясняет возникновение натуральных интервалов музыкального ряда. Это само по себе уже является большим достижением.

Далее Лефевр переходит к анализу трехзвучий. Здесь также получаются интересные выводы, но мы на них останавливаться не будем. Остановимся вкратце на связи музыкального интервала с переживаниями субъекта. Мы уже говорили, что в тепловой модели появляется новая характеристика субъекта, связанная с его переживаниями: p_1 — само переживание как таковое (субъект испытывает переживание интенсивностью p_1), p_2 — оценка своего переживания субъектом, он видит себя испытывающим переживание с интенсивностью p_2 , и наконец, p_3 — метаоценка, или оценка переживания образом себя (субъект видит, что он видит себя переживающим с интенсивностью p_3). В модели музыканта каждому интервалу f_1/f_2 соответствует свой профиль переживаний (p_1, p_2, p_3). Отсюда Лефевр выдвигает предположение, что *порождение и восприятие музыкального интервала есть перенос профиля переживания от одного субъекта к другому.*

5.5.6. Космический субъект. Модель Лефевра показывает, что набор натуральных музыкальных интервалов связан не только с акустическими свойствами звуков, но и с некоторыми алгебраи-

ческими структурами, описывающими поведение осознающего себя субъекта. Это позволило Лефевру сформулировать следующую гипотезу: «возможно набор натуральных интервалов может играть роль отличительного признака, позволяющего выделять системы разумной жизни, анализируя радиоволны, оптические спектры и другие источники информации из космического пространства».

В качестве иллюстрации Лефевр рассмотрел источник SS 433. Как известно, он выбрасывает вещество в виде очень тонких струй в двух диаметрально противоположных направлениях. Поэтому в спектре источника присутствуют две системы спектральных линий, смещенные в красную и в синюю сторону. Лефевр взял три наиболее выраженные линии в спектре SS 433: H_α , H_β , H_γ . Частоты несмещенных линий вместе со смещенными линиями образуют набор из 9 частот. Оказалось, что соотношения этих частот с большой точностью соответствуют интервалам музыкального ряда (табл. 5.5.1, 5.5.2 и 5.5.3).

Таблица 5.5.1

**Соотношение частот, несмещенных и смещенных
в красную часть спектра**

H_α^+	H_α	H_β^+	H_γ^+	H_β	H_γ
1	0,805	0,741	0,661	0,596	0,532
1	0,800	0,750	0,667	0,600	0,533
1/1	4/5	3/4	2/3	3/5	8/15
до	ми	фа	соль	ля	си

Таблица 5.5.2.

**Соотношение частот, несмещенных и смещенных
в синюю часть спектра**

H_α	H_α^-	H_β	H_γ	H_β^-	H_γ^-
1	0,829	0,741	0,661	0,614	0,548
1	0,833	0,750	0,667	0,625	0,556
1/1	5/6	3/4	2/3	5/8	5/9
до	ми ^b	фа	соль	ля ^b	си ^b

Верхняя выделенная строка табл. 5.5.1 и 5.5.2 соответствует отношению частот спектральных линий, две следующие за ней строки — отношения частот натуральных интервалов музыкального ряда.

Отклонения наблюдаемых интервалов от интервалов музыкального ряда сравнимы с теми, которые имеют место в современном темпированном строе. Совокупность интервалов табл. 5.5.1 соответствует гамме до-мажор без ноты ре (без интервала до-ре, равно 8/9). Соотношение частот, несмещенных и смещенных в синюю часть спектра, дает гамму до-минор, тоже без ноты ре.

Наконец, последовательность всех девяти линий дает следующую мелодию:

Таблица 5.5.3

**Соотношение частот линий, несмещенных и смещенных
в спектре SS 433**

H_{α}^{+}	H_{α}	H_{β}^{+}	H_{α}^{-}	H_{γ}^{+}	H_{β}	H_{γ}	H_{β}^{-}	H_{γ}^{-}
1	0,805	0,741	(0,668, 0,661)	0,596	0,532	0,494	0,441	
1	0,800	0,750	0,667	0,600	0,533	0,500	0,444	
1/1	4/5	3/4	2/3	3/5	8/15	1/2	4/9	
до	ми	фа	соль	ля	си	до ₁	ре ₁	

Здесь, в отличие от двух предыдущих таблиц, присутствует нота ре, но она перемещена в следующую октаву. Весь диапазон мелодии в точности равен двум квинтам (до-соль и соль-ре₁). Ноте соль соответствуют две близкие спектральные линии H_{α}^{-} и H_{γ}^{+} . Лефевр полагает, что это может быть указанием на то, что эту ноту надо исполнять дважды.

Является ли совпадение частот случайным? Смещение линий зависит от скорости выброса и угла между направлением выброса и лучом зрения. Достаточно немного изменить эти параметры и соотношение частот изменится. Чтобы обеспечить наблюдаемую точность совпадения (табл. 5.5.1, 5.5.2 и 5.5.3), значения скорости выброса v и угла ϕ должны поддерживаться в пределах $v = (0,26 \pm 0,01)c$, $\phi = 40^{\circ} \pm 2^{\circ}$. Лефевр оценивает вероятность случайного попадания этих параметров в указанные пределы величиной 0,002.

На основании всех этих данных он формулирует следующую гипотезу: «мы допускаем возможность существования космических магнитных плазмидов, обладающих психикой и способностью испытывать внутренние переживания и проецировать их вовне в виде систем пропорций, подобных интервалам классической музыки». Возможность существования жизни в межзвездной среде в виде каких-то плазмидов, сверхпроводящих контуров и т. п. обосновывает из самых общих физических соображений Фримен Дайсон (см. гл. 4).

Можно ли однако считать SS 433 разумным субъектом? Я думаю, он не более разумен, чем, например, система Гея. В этой связи уместно упомянуть, что годовые вариации геомагнитного поля Земли, сжатые в соответствующее число раз, чтобы перевести колебания в звуковой диапазон, дают очень красивую музыкальную мелодию. Речь, на мой взгляд, может идти о другом. До сих пор наука изучала внешнюю (пользуясь выражением Тейяра де Шардена) сторону вещей. В частности, астрономия изучала внешнюю сторону (тело) Вселенной. Сегодня мы приблизились к тому, чтобы начать изучение внутренней природы (души) вещей. Возможно, отмеченные Лефевром закономерности S 433 являются проявлением этих «внутренних» характеристик космических объектов.

В этой главе мы обсудили возможные пути развития космических цивилизаций, которые открывают перед человечеством захватывающие перспективы. Со временем человек сможет заняться конструированием миров и эволюцией своего вида. Но прежде чем это произойдет, прежде чем человек станет Строителем Космоса, он должен сдать экзамен на «Аттестат Зрелости». Кто знает, сколько веков (или «вечностей») потребуется на это? Но, быть может, ДРУГИЕ уже прошли этот путь, уже достигли уровня космогонического конструирования и автоэволюции? В таком случае нам вновь трудно уйти от вопроса: не являемся ли мы плодом ИХ деятельности? Все наши соображения об эволюции космических цивилизаций — это всего лишь исходный пункт для размышления о путях развития Космического Разума. Наша книга приближается к концу. Остается обсудить еще один вопрос — почему «молчит» Вселенная.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шкловский И. С. Вселенная, жизнь, разум. — М.: Наука, 1987. Гл. 25. Замечание о темпах и характере технологического развития человечества. С. 273–283. Гл. 26. Разумная жизнь как космический фактор. С. 284–293.
2. Капица С. П. Общая теория роста человечества. — М.: Наука, 1999. 190 с.
3. Лем С. Сумма технологий. — М.: Мир, 1968. 607 с. См. также послесловие к книге: Бирюков Б. В., Широков Ф. В. О «Сумме технологий», об эволюции, о человеке и роботах, о науке... С. 538–605.
4. Лесков Л. В. Космические цивилизации: проблемы эволюции. — М.: Знание, 1985. 55 с.
5. Лефевр В. Космический субъект. — М., 1996. 184 с.