

Для человеческих существ почти неизбежна вера, что мы имеем какое-то особое отношение к Вселенной...

*С. Вайнберг*

Неразрывными узами связано человечество с Космосом.

«Беспредельность»

### 3.1. Шкала масштабов и шкала времени

Теперь, когда мы познакомились с тем, как устроена Вселенная, естественно возникает вопрос: какое место занимает человек в этом мире? Мельчайшая из известных нам материальных структур — нуклон, элементарная частица, входящая в состав атомных ядер, имеет размер порядка  $10^{-13}$  см. А размер человеческого тела порядка  $10^2$  см. Представим себе масштабную лестницу, каждая ступень которой отличается по размеру от предыдущей в 10 раз (в логарифмическом масштабе все ступени будут одинаковы). Если взять человека за центр отсчета, то увидим, что 15 ступеней ведут от него в глубь микромира, до самых мельчайших частиц материи. Пройдя столько же ступеней в направлении увеличения масштаба, мы достигнем внешних границ Солнечной системы и приблизимся к ближайшим звездам. Следующие 6 ступеней приведут нас к границам Галактики. А чтобы достичь пределов наблюдаемой области Вселенной, придется пройти еще 5 ступеней. Таким образом, на «масштабно-структурной лестнице» Вселенной человек не занимает среднего положения: 15 ступеней ведут от него «вниз» — в глубины материи, и 26 ступеней ведут «вверх» — в просторы Вселенной. Вследствие подобной «асимметрии» космические масштабы гораздо больше отличаются от масштаба привычных нам вещей, чем объекты микромира. Впрочем, если в качестве наименьшего масштаба принять планковскую длину  $10^{-33}$  см, то асимметрия масштабов изменит знак<sup>164</sup>.

<sup>164</sup> Интересные данные о масштабной структуре Вселенной можно найти в книге: Суханос С. И. Масштабная гармония Вселенной. — М.: София, 2000.

Посмотрим теперь, в каких временных рамках разворачивается «Вселенская Драма». Как мы видели, с момента Большого взрыва прошло приблизительно 10 млрд лет. Примем этот промежуток времени за некоторый условный Космический Год. Тогда в этой временной шкале 1 Месяц будет соответствовать 830 миллионам земных лет, Сутки — 28 млн лет, Час — 1,2 млн лет, Минута — 20 тысяч лет и Секунда — примерно 300 лет.

В течение первых 10 Минут нашего Космического Года во Вселенной завершился процесс образования первичного вещества — нейтрального водородно-гелиевого газа, из которого возникают все последующие структуры. В середине Января начинается процесс формирования галактик. Наша Галактика образуется, вероятно, в начале Февраля. В течение нескольких Месяцев в Галактике протекает процесс формирования звезд первого и второго поколений, при вспышках сверхновых межзвездная среда обогащается тяжелыми элементами; из этой обогащенной среды возникают звезды третьего поколения, к которому принадлежит наше Солнце. Образование Солнечной туманности начинается, вероятно, в конце Июня. К середине Июля заканчивается формирование Земли как самостоятельного космического тела. Почти сразу же, в конце Июля, на Земле возникают простейшие формы жизни, начинается процесс биологической эволюции. В первые месяцы после происхождения жизни атмосфера сохраняет еще первичный состав. В океане бурно разрастаются водоросли, в результате их жизнедеятельности формируется богатая кислородом вторичная атмосфера Земли. Этот процесс завершается к концу Октября. В Ноябре растения и животные выходят на сушу, жизнь начинает завоевывать континенты. В последней декаде Декабря появляются млекопитающие. А 31 Декабря Космического Года на Земле появляется человек. Вся известная нам (письменная) история человечества, на протяжении которой возникали, возвышались и гибли великие цивилизации, занимает последние полминуты Космического Года. А современная техническая эра нашей цивилизации длится не более одной Космической Секунды.

Таковы пространственно-временные рамки. Теперь нам предстоит выяснить, насколько условия во Вселенной соответствуют появлению в ней человека. Начнем с Земли.

### 3.2. Система «Гейя»

Вероятно, можно сказать, что условия на Земле достаточно благоприятны для появления человека. Однако термин «благоприятны»

не очень точен. Когда мы анализируем условия в какой-то системе, с точки зрения возможности существования в ней жизни, нам приходится сталкиваться с тремя типами условий: допустимые, необходимые и достаточные. Между этими типами условий не всегда проводится четкая грань, что приводит к определенным недоразумениям. Чтобы избежать этого, поясним, в каком смысле в дальнейшем будут употребляться эти понятия.

Допустимыми условиями мы будем называть те условия, которые не препятствуют существованию жизни в данной системе. (Условия, которые препятствуют существованию жизни, исключают возможность ее существования, будем называть запрещающими.) Очевидно, в обитаемой системе *все* условия являются допустимыми.

Определим теперь необходимые условия. Условие будем считать необходимым для жизни, если при наличии этого условия жизнь в данной системе может существовать, а при его отсутствии она становится невозможной. (Отсутствие необходимого условия есть условие запрещающее.) Всякое необходимое условие является допустимым, но не всякое допустимое условие будет необходимым. Допустимые условия могут меняться, мы можем заменить одно допустимое условие другим — жизнь в системе при этом будет сохраняться. Но если мы выйдем за пределы необходимых условий — жизнь в системе станет невозможной. Следовательно, необходимые условия являются предельно допустимыми.

Поясним это на примере. Рассмотрим оранжерею с растениями. Пусть оптимальная температура для данного вида растений составляет  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Предположим далее, что растения нормально развиваются при температуре от  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  и гибнут при температуре ниже  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  и выше  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Установим в оранжерее температурный режим  $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Эти условия будут, конечно, допустимыми. Более того, они весьма благоприятны для развития растений. Но они не являются необходимыми. Мы можем изменить эти условия, немного расширив диапазон температурных изменений, — условия станут менее благоприятными, но вполне допустимыми. Меняя температурный режим, мы можем выйти за границу благоприятных условий ( $10\text{ }^{\circ}\text{C} \div 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ); условия станут неблагоприятными, но они еще будут допустимыми. Так будет до тех пор, пока мы не подойдем к предельным значениям  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Как только мы выйдем за эти пределы, жизнь растений станет невозможной и они погибнут. Условия  $0\text{ }^{\circ}\text{C} \leq T \leq 50\text{ }^{\circ}\text{C}$  являются необходимыми для данного вида растений.

Мы рассмотрели условия, связанные с таким жизненно-важным параметром, как температура окружающей среды. Помимо этого, существует множество «нейтральных» параметров, которые никак не влияют

на жизнедеятельность организмов. Условия, связанные с этими параметрами, также являются допустимыми. Мы можем менять их сколько угодно, и это никак не скажется на жизни в системе. В качестве примера возьмем ту же оранжерею. Одним из условий существования и нормального развития растений является наличие солнечного света. Для этого необходимо обеспечить прозрачное покрытие оранжереи. С этой целью можно использовать либо стекло, либо прозрачную пленку (с близкой характеристикой спектральной прозрачности). Реализация того или иного варианта приведет к изменению условий внутри оранжереи, но это, практически, не скажется на развитии растений. Поэтому оба варианта можно считать допустимыми. Еще меньшее влияние оказывает материал каркаса; его можно сделать из дерева или из металла, металлический каркас можно сделать сварной или закрепить на болтах — все это существенно не повлияет на условия в оранжерее. В любой системе существует множество таких параметров, несущественных для жизни, и соответственно, множество совершенно несущественных допустимых условий, которые, конечно, не являются необходимыми для жизни.

Обычно существует целый комплекс необходимых условий. Если, по крайней мере, одно из них не выполняется, жизнь в данной системе невозможна. Поэтому если выполняется только часть из полного набора необходимых условий, то этого недостаточно для существования жизни. Жизнь в системе может существовать в том и только в том случае, когда в ней реализуется весь набор необходимых условий. Этот набор образует комплекс необходимых и достаточных условий. Ни одно условие в такой системе не является запрещающим, все условия — допустимые, хотя не все из них относятся к классу необходимых и достаточных условий.

После этих предварительных замечаний вернемся вновь к нашей Земле. Напомним, что мы рассматриваем вопрос о месте человека во Вселенной. Человек есть продукт биологической эволюции. По своему генезису и условиям существования он тесно связан с растительным и животным царством. Поэтому условия существования человека на Земле (а значит, и во Вселенной) определяются условиями существования жизни. Причем в *данном случае* речь идет о совершенно определенном типе — водно-углеродной жизни, к которой принадлежит человек. В последующих главах мы обсудим возможность существования иных форм жизни, но здесь, поскольку мы анализируем место *человека* во Вселенной, то, говоря о жизни, будем подразумевать (если не сделано специальных оговорок) именно тот тип жизни, к которому принадлежим мы сами.

Исходя из того, что было сказано выше, можно утверждать, что все условия на Земле являются допустимыми, хотя не все из них

необходимы для жизни. (Например, наличие железных дорог не препятствует существованию жизни на Земле в целом, но это условие не является, конечно, необходимым для жизни.) Какие же условия на Земле необходимы для жизни, чтобы она могла нормально развиваться, эволюционировать и, в конце концов, привести к появлению высших форм жизни человека?

Прежде всего необходим поток солнечной энергии, поток тепла и света. Величина потока должна быть такой, чтобы обеспечить необходимый температурный режим на Земле. Для этого планета должна обращаться на определенном расстоянии от Солнца, не слишком близко и не слишком далеко, в пределах так называемой «зоны жизни» (или экосферы). Для Солнечной системы экосфера простирается примерно от 0,7 а. е. до 1,3 а. е. Далее, для жизни необходима атмосфера. Из атмосферы поступает углекислый газ, который является источником питания зеленых растений, и кислород, которым дышат живые организмы. Кроме того, атмосфера надежно защищает поверхность Земли от потока губительных для жизни ультрафиолетовых лучей. Чтобы удержать достаточно мощную атмосферу, масса планеты не должна быть слишком мала, вероятно, не меньше 0,4 массы Земли. С другой стороны, при слишком большой массе сохраняется неблагоприятная для жизни водородно-гелиевая атмосфера, да и планета из-за большого ускорения силы тяжести становится непригодной для человека. Считается, что предельная масса планеты, на которой может жить человек, составляет 2,4 массы Земли (ускорение силы тяжести 1,5 g). Имеет значение также скорость вращения планеты, наклон оси к плоскости орбиты и другие факторы. Мы не будем останавливаться на этой проблеме. Она подробно обсуждалась рядом авторов<sup>165</sup>. Важно подчеркнуть, что условия, необходимые для жизни, связаны не с какими-то второстепенными параметрами, а с главными свойствами, которые характеризуют планету как небесное тело.

Можно поставить вопрос: каким образом получилось так, что на Земле реализовался комплекс необходимых и достаточных условий для возникновения жизни? Почему, например, на Земле имеют место необходимые температурные условия? Пытаясь ответить на после-

---

<sup>165</sup> См., например: *Опарин А. И., Фасенков В. Г.* Жизнь во Вселенной. — М.: Изд-во АН СССР, 1956; *Шепли Х.* Звезды и люди. — М.: ИЛ, 1962; *Доул С.* Планета для людей. — М.: Наука, 1974; *Голдсмит Д., Оуэн Т.* Поиски жизни во Вселенной. — М.: Мир, 1983; *Шкловский И. С.* Вселенная, жизнь, разум. — М.: Наука, 1987; *Хоровиц Н.* Поиски жизни в Солнечной системе. — М.: Мир, 1988.

дний вопрос, можно рассуждать таким образом (это рассуждение понадобится нам при анализе антропного принципа): в Солнечной системе имеется несколько планет; они расположены на различном расстоянии от Солнца, одна из них попадает в пределы экосферы, на этой планете и создаются необходимые условия для возникновения жизни. Если бы Земля находилась вне экосферы, жизнь на ней была бы невозможна. С таким рассуждением можно согласиться, но тогда возникает следующий вопрос: в «зоне жизни», вообще говоря, могли образоваться планеты разной массы, почему же получилось так, что планета, попавшая в «зону жизни», имеет как раз подходящую массу? Ответ на этот вопрос может быть двоякий. Можно предположить, что имело место случайное совпадение благоприятных обстоятельств, и даже вычислить вероятность такого совпадения. Так многие и поступают. Но можно рассуждать иначе. Мы пока плохо представляем себе процесс формирования планет. Не исключено, что, в силу закономерностей этого процесса, на заданном расстоянии от Солнца (в пределах экосферы) формируются планеты с массой, удовлетворяющей условиям, необходимым для жизни. Ведь существует определенная зависимость между массой планеты и ее расстоянием от Солнца<sup>166</sup>. Если это так, то возникновение на Земле необходимых условий представляется вполне естественным и понятным. Однако по мере того, как мы более детально знакомимся с условиями на Земле, выявляются поразительные обстоятельства.

Рассмотрим, например, термические условия в земной атмосфере. Тепловое состояние атмосферы определяется сочетанием трех основных факторов: поток солнечного излучения, отражательная способность (альbedo) Земли и пропускание земной атмосферы. При определенном сочетании этих факторов достигается термическая стабильность атмосферы: усредненная по всей поверхности Земли среднегодовая температура атмосферы остается постоянной. Само по себе это не должно нас удивлять. В живой и неживой природе мы постоянно сталкиваемся с саморегулирующимися системами, в которых те или иные параметры поддерживаются в заданных пределах.

---

<sup>166</sup> Для планетных систем других звезд эта зависимость может не выполняться. Обнаруженные в последние годы планетные системы у других звезд обладают характеристиками, резко отличными от Солнечной системы. В связи с этим сейчас пересматриваются представления о формировании планетных систем. По-видимому, существуют два разных процесса, которые приводят к формированию двух разных типов планетных систем.

В п. 2.1.3 мы видели, как в недрах звезд главной последовательности осуществляется управляемый термоядерный синтез, благодаря чему звезда в течение миллиардов лет остается стабильной; такие ее характеристики, как светимость, температура поверхности, радиус остаются постоянными. Прекрасным примером саморегулирующейся системы является живая клетка. В системе рыночной экономики регулировка осуществляется посредством закона стоимости и т. д. Принцип действия подобных систем понятен на примере работы домашнего холодильника: когда температура в камере опускается ниже заданного предела, специальное устройство отключает ток, и холодильная машина перестает работать; под действием более теплого наружного воздуха температура в камере начнет медленно подниматься, но как только она превышает заданный предел, то же регулирующее устройство включает ток, и холодильная машина вновь начинает работать. В механике широко используются центробежные регуляторы для регулировки скорости вращения вала. Когда скорость вращения возрастает, шары регулятора расходятся и включают тормозное устройство; когда скорость падает до установленного уровня, шары отпадают, и тормозное устройство выключается. Электронный экспонометр фотоаппарата определяет освещенность объекта и автоматически и устанавливает нужную диафрагму; в результате световой поток, падающий на фотоэмульсию, остается в заданных пределах, несмотря на изменение наружной освещенности. Природа изобрела прибор, в котором осуществляется подобная регулировка — это человеческий глаз. При увеличении освещенности зрачок глаза сокращается, при уменьшении расширяется. В результате световой поток, падающий на сетчатку, остается в заданных пределах.

Во всех этих примерах (число которых можно было бы многократно умножить) саморегулирование осуществляется благодаря так называемой отрицательной обратной связи: изменение регулируемого параметра приводит к тому, что **внутри системы** включаются регулирующие механизмы, которые возвращают регулируемый параметр к прежнему значению, поддерживая стабильное состояние системы. Но все дело в том, что земная атмосфера не является системой с отрицательной обратной связью. На это обращает внимание венгерский физик-теоретик Г. Маркс<sup>167</sup>. Температура поверхности Земли, как уже отмечалось, определяется тремя факторами: потоком солнечной энергии, отражательной способностью (альбедо) Земли и пропусканием земной атмосферы. Малейшее понижение среднегодовой температуры ведет к увеличению снежного покрова и, как следствие, к повышению альбедо. А это, в свою оче-

---

<sup>167</sup> Маркс Г. Проблема одновременности / Проблема поиска жизни во Вселенной. — М.: Наука, 1986. С. 74–81.

редь, приводит к понижению температуры и т. д. Следовательно, раз начавшись, процесс похолодания будет нарастать. Аналогично, повышение температуры, согласно Марксу, приводит к увеличению содержания углекислого газа и водяного пара в атмосфере, а это ведет к увеличению парникового эффекта и, следовательно, к дальнейшему повышению температуры. Подобные системы называются системами с положительной обратной связью. Равновесие их крайне неустойчиво, оно не может поддерживаться за счет внутренних регулирующих механизмов. Применительно к земной атмосфере проблема, как подчеркивает Маркс, усугубляется тем, что все три фактора, от которых зависит температура, меняются со временем и притом различным образом. Тем не менее на протяжении почти 4 миллиардов лет на Земле сохраняется постоянство температуры с точностью до 10%. В условиях положительной обратной связи это требует очень эффективного механизма *внешней* регуляции.

Какой фактор может осуществить такую регуляцию? Термический баланс в значительной мере определяется пропусканием земной атмосферы, а пропускание зависит от ее химического состава. Следовательно, регулируя химический состав в атмосфере, можно, в принципе, стабилизировать температуру. Но при этом состав атмосферы не может изменяться произвольно, ибо для поддержания жизни необходим определенный химический состав. В современной атмосфере Земли химический баланс поддерживается очень точно. Маркс (со ссылкой на Дж. Лавлока) приводит следующий пример, связанный с содержанием кислорода в атмосфере и ее влажностью. Современная концентрация кислорода составляет 21%. Если бы она была ниже 10%, то горение было бы невозможно, даже при использовании в качестве топлива сухой древесины. (Между тем, мы знаем, какое важное значение для человека имеют процессы горения на Земле.) С другой стороны, если бы концентрация кислорода превысила 25%, то горели бы даже сырая трава и лес под дождем. При современной концентрации зеленая трава и лес не горят, если влажность превышает 15%. Вновь проблема состоит не столько в том, как установилось подобное сочетание параметров (хотя и это очень важно), сколько в том — как оно поддерживается. Ведь кислород постоянно воспроизводится в земной атмосфере в процессе фотосинтеза и выводится из нее вследствие процессов горения, дыхания, выветривания и т. д. В результате каждые 1000 лет атмосферный кислород полностью обновляется. Каким образом при этих условиях сохраняется его концентрация? Маркс замечает в связи с



этим, что «термическая и химическая стабильность земной атмосферы скорее похожа на чудо, чем на необходимость»<sup>168</sup>.

В наших рассуждениях, говоря о положительной обратной связи, мы не принимали во внимание фактор жизни. По мысли Маргулиса и Лавлока, именно жизнь выполняет роль регулирующего механизма. Она сама регулирует химический состав и температуру нижней атмосферы. Ибо рост организмов, с одной стороны, зависит от химического состава и температуры, а с другой стороны, влияет на химические процессы в окружающей среде с участием тех газов, которые необходимы для продолжения жизнедеятельности, в том числе с участием газов, регулирующих температуру Земли. Например, потепление климата ведет к увеличению биомассы организмов, которые в процессе своей жизнедеятельности используют фотосинтез. Благодаря этому количество углекислоты в атмосфере сокращается, что ведет к похолоданию. В результате восстанавливается прежнее значение температуры и (благодаря уменьшению биомассы) прежнее количество углекислого газа. Таким образом, если не рассматривать атмосферу изолированно, а в соответствии с концепцией Э. Зюсса и В. И. Вернадского, включить ее вместе с соответствующими слоями гидросферы и литосферы, заполненными «живым веществом» в **единую** систему биосферы Земли, то в *такой* системе будет действовать регулирующая отрицательная обратная связь. Лавлок и Маргулис назвали эту систему Геей, по имени древнегреческой Богини Земли.

Гея включает в себя полную систему жизни на Земле, т. е. все организмы, а также производимые и потребляемые ими газы, жидкости и твердые вещества. Лавлок рассматривает Гею, как гигантский живой организм, возникший в результате 4 млрд лет эволюции на Земле. Подобно любому живому организму, Гея стремится сохранить детальное равновесие, которое обеспечивает оптимальные условия для сохранения и воспроизведения жизни, т. е. для ее собственной жизнедеятельности. Все живые организмы на Земле, включая человека, являются частью этой сложной живой системы. Гея обеспечивает нас пищей, воздухом для дыхания и создает благоприятный для нас климат. Но каким образом мог возникнуть этот Сверхорганизм? Маркс считает, что, поскольку Гея существует в единственном экземпляре, она не может быть продуктом эволюции типа биологической, которая имеет дело не с отдельными организмами, а с их популяциями. «Поэтому, если она существует на самом деле, — заключает Маркс, —

<sup>168</sup> Маркс Г. Цит. работа, с. 78.

она не может быть спонтанно возникшим объектом, но вполне может быть разумным артефактом, перенесенным на Землю извне»<sup>169</sup>. То есть говоря более определенно, мы можем допустить, что система Гея была спроектирована и осуществлена высокоразвитыми Внеземными Цивилизациями — Строителями Космоса. Если это так, то человек занимает на Земле то место, которое отведено ему этим Проектом. А каково место человека во Вселенной?

### 3.3. Вселенная как обитаемая система

На первый взгляд кажется, что Вселенная должна быть совершенно безразлична к нашему существованию. Ну какое ей дело до того, что на одной из ее бесчисленных «песчинок» обитает мыслящее существо — человек, пытающийся познать ее законы? Конечно, раз уж он существует, то условия во Вселенной должны допускать его существование. Но для человека, как мы уже подчеркивали в предыдущем параграфе, важны не просто допустимые условия, а условия, необходимые для его возникновения и его жизни. Связаны ли эти условия с существенными чертами Вселенной (как это имеет место для обитаемой планеты) или они определяются какими-то второстепенными параметрами, совершенно несущественными для Вселенной в целом? Кажется, что скорее должно иметь место последнее.

Вновь представим себе нашу оранжерею. Предположим, что она расположена на острове 230 тыс. км<sup>2</sup>. На севере и западе острова преобладает горный рельеф, на юго-востоке располагаются низменные равнины. Довольно густая сеть рек, много озер. Климат умеренный, океанический, влажный. Средняя температура января от 3 до 7 °С, июля 11–17 °С (читатель узнал, конечно, Великобританию, но это просто пример). Очевидно, условия на острове не препятствуют жизни растений в оранжерее. Но они не являются необходимыми для их жизни. Площадь острова может быть больше или меньше, горы могут быть не на севере, а на юге или их, вообще, может не быть. Климат может быть более суровым или более мягким. Внешний мир может быть устроен совершенно иначе, и все это никак не скажется на жизни растений. Если бы они могли мыслить и задались бы, подобно нам, вопросом — в какой мере условия в их Мире связаны с их существованием, то вынуждены были бы признать, что главные, существенные черты их Мира никак не связаны с фактом их существования. Кажется, что такое же заключение должны сделать и мы с вами по отношению к нашей Вселенной.

<sup>169</sup> Маркс Г. Цит. работа, с. 80.

Действительность, однако, оказалась иной. В 1958 г. советский астрофизик Г. М. Идлис, анализируя условия во Вселенной, поставил следующий вопрос: «почему наблюдаемая нами часть Вселенной представляет собой расширяющуюся систему галактик, состоящих из звезд с обращающимися вокруг них планетами, на одной из которых обитаем мы? Нельзя ли решить этот вопрос исходя из самого факта нашего существования?»<sup>170</sup>. На основе проведенного анализа он пришел к выводу, что основные черты наблюдаемой нами астрономической Вселенной являются характерными для обитаемой Космической Системы, поскольку они (довольно неожиданный вывод!), оказываются, необходимы для жизни. Иными словами, Космическая Система может стать обитаемой **лишь в том случае**, если она включает в себя планеты, обращающиеся вокруг звезд, составляющих звездные системы с параметрами, соответствующими параметрам типичных галактик. Причем эти звездные системы («галактики») должны входить в расширяющуюся систему более высокого ранга («метagalактику»), свойства которой, подобно нашей Метagalактике, описываются релятивистскими космологическими моделями. То есть обитаемая Космическая Система должна обладать структурными и динамическими свойствами, присущими нашей Метagalактике.

Это обстоятельство позволяет понять, почему наш мир таков, как он есть, почему наблюдаемая Вселенная обладает отмеченными выше свойствами. Согласно Г. М. Идлису, это объясняется тем, что мы наблюдаем заведомо не произвольную область (вообще говоря, бесконечной) Вселенной, а ту, в которой существует познающий эту Вселенную человек (наблюдатель) и в которой, следовательно, реализовались условия, необходимые для его жизни. А. Л. Зельманов сформулировал это положение в виде следующего афоризма: «Мы являемся свидетелями процессов определенного типа потому, что процессы другого типа протекают без свидетелей»<sup>171</sup>. В этой связи он указывал, например, на красное смещение как один из факторов, благоприятствующих возникновению и развитию жизни; в то время как смена расширения сжатием со временем привела бы к таким условиям, которые сделали бы жизнь невозможной.

---

<sup>170</sup> Идлис Г. М. Основные черты наблюдаемой астрономической Вселенной как характерные свойства обитаемой космической системы // Известия Астрофизического ин-та Каз. ССР, 1958. Т. 7. С. 39–54; см. с. 39.

<sup>171</sup> Зельманов А. Л. Некоторые философские аспекты современной космологии и смежных областей физики / Диалектика и современное естествоиспытание. — М.: Наука, 1970. С. 395–400; см. с. 396.

Дальнейшее развитие этих идей позволило установить еще более глубокую связь между фундаментальными свойствами Вселенной в целом и наличием в ней жизни (и человека). Необходимость такой связи ясно осознавал еще К. Э. Циолковский. «Тот космос, который мы знаем, — писал он, — не может быть иным», поскольку человеческое существование не случайно, а имманентно космосу<sup>172</sup>. В работах Иддиса и Зельманова эта идея была наполнена конкретным астрономическим содержанием. Речь шла о наблюдаемых астрономических свойствах Вселенной, и обнаруженная связь относилась к наблюдаемой области Вселенной. В дальнейшем эта связь была распространена как на наблюдаемые, так и на теоретические свойства Вселенной в целом, а не только ее наблюдаемой части. И (что особенно важно!), оказалось, — не только астрономические свойства Вселенной, но и **фундаментальные физические параметры** материального мира тесно связаны с наличием во Вселенной жизни и человека.

Рассмотрим вначале астрономические свойства Вселенной. Одним из важнейших астрономических свойств является средняя плотность вещества во Вселенной. Как мы видели в предыдущей главе, средняя плотность близка к критической, и это находит объяснение в рамках инфляционной модели Вселенной. Любопытно однако то, что в *обитаемой* вселенной и не могло быть иначе. Действительно, если средняя плотность вещества много меньше критической, то тормозящее действие гравитации мало — Вселенная расширяется очень быстро, и при такой скорости в ней не могут сформироваться гравитационно связанные системы — галактики, звезды, планеты, которые необходимы для возникновения жизни. С другой стороны, если средняя плотность много больше критической, то тормозящее действие гравитации очень велико, расширение быстро сменяется сжатием, и время жизни такой Вселенной (длительность цикла расширения-сжатия) оказывается слишком мало, много меньше, чем требуется для возникновения жизни и тем более эволюции ее до стадии человека. Таким образом, в обитаемой Вселенной средняя плотность вещества должна быть близка к критической. Тогда скорость расширения будет не столь велика, и во Вселенной смогут сформироваться звезды и пла-

---

<sup>172</sup> Казютинский В. В. «Космическая философия» К. Э. Циолковского и современная научная картина мира // Труды восемнадцатых-двадцатых чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К. Э. Циолковского. Секция «К. Э. Циолковский и философские проблемы освоения космоса». — М.: ИИЕНТ АН СССР, 1988. С. 4–40; см. с. 9.

неты. В то же время длительность стадии расширения будет достаточна для возникновения и эволюции жизни.

С критической плотностью связана изотропия Вселенной — важнейшее свойство, которое постулировалось в модели Фрийдмана и которое получило экспериментальное подтверждение в наблюдаемой изотропии реликтового излучения. Возникает, однако, вопрос: как объяснить это свойство Вселенной? Можно ли, не постулируя, вывести это свойство теоретически? С. Хокинг показал, что наблюдаемую изотропию можно объяснить в том случае, если плотность вещества с большой точностью совпадает с критической. Но так как это условие связано с существованием жизни во Вселенной, то и изотропия также оказывается связана с жизнью. То есть обитаемая Вселенная с необходимостью должна быть изотропной.

Перейдем теперь к такой фундаментальной характеристике Вселенной, как размерность физического пространства. Почему физическое пространство трехмерно? Прежде всего человек сам трехмерное существо, поэтому он не может существовать в пространстве одного или двух измерений. Предположим, существуют какие-то одномерные или двумерные миры. Мы могли бы *мысленно* изучать их свойства, но жить в этих мирах, наблюдать их изнутри мы не можем. Возможно, какие-то экзотические (с нашей точки зрения) одномерные и двумерные существа могут обитать в этих мирах. Но человек обитать в них не может. *Наша* Вселенная не может быть ни одномерной, ни двумерной. Но остается еще много других возможностей. Ведь пространство могло бы иметь больше трех измерений. Почему же тогда физическое пространство трехмерно, а например, не пятимерно? Чтобы ответить на этот вопрос, посмотрим, как видоизменяются физические законы с изменением размерности пространства.

В нашем трехмерном мире сила взаимодействия двух электрических зарядов убывает обратно пропорционально квадрату расстояния между ними (закон Кулона). То же самое относится к силе взаимодействия двух тяготеющих масс (закон всемирного тяготения). Выражение для силы можно записать в виде  $F_3 = b_3/r^2$ ;  $b_3$  — коэффициент пропорциональности, зависящий от произведения взаимодействующих зарядов (или масс), а индекс 3 указывает на то, что формула относится к трехмерному пространству. Как связан закон обратных квадратов с размерностью пространства? Напряженность поля, или сила, действующая на пробный заряд в данной точке, на расстоянии  $r$  от заряда, создающего поле, определяется плотностью силовых линий, т. е. числом линий, проходящих через единицу поверхности в точке наблюдения. Очевидно, что эта величина

равна полному потоку силовых линий, исходящему из заряда, деленному на поверхность сферы радиуса  $r$ . Для трехмерного евклидова пространства площадь сферы равна  $4\pi R^2$ , поэтому сила пропорциональна  $r^{-2}$ . В пространстве  $N$  измерений площадь сферы пропорциональна  $r^{N-1}$ . Следовательно, сила будет пропорциональна  $1/r^{N-1}$ :  $F_N = b_N/r^{N-1}$ .

Анализ движения тел под действием такой силы был выполнен П. Эренфестом в 1917 г. Он показал, что при  $N \geq 4$  в задаче двух тел не существуют замкнутые устойчивые орбиты<sup>173</sup>. Если мы рассмотрим, например, планету и Солнце в 4-мерном пространстве (а также в пространстве большего числа измерений), то планета в таком пространстве не будет вращаться вокруг Солнца по устойчивой круговой (или эллиптической) орбите: она либо упадет на Солнце, либо уйдет в бесконечность. Значит, в таких мирах не существует аналогов планетных систем и атомов<sup>174</sup>. А следовательно, в них не может существовать жизнь, построенная на молекулярном уровне. Какие-то гипотетические «полевые» формы жизни могли бы существовать в таком мире, но человек «из плоти и крови», человек в его физическом теле, состоящем из сложных органических молекул, не может существовать в пространстве более чем трех измерений. Казалось бы, увеличение размерности пространства должно открыть новые возможности для построения все более сложных структурных образований атомной природы. Но выяснилось, что это не так.

С другой стороны, при  $N = 1, 2$  сила взаимодействия падает с расстоянием слишком медленно. Поэтому какую бы скорость ни придать заряду, он не сможет уйти из поля притяжения центрального тела, он как бы находится в глубокой (бесконечно глубокой) потенциальной яме, и чтобы извлечь его оттуда, надо затратить бесконечно большую энергию. Следовательно, в таком пространстве не существовало бы свободного движения тяготеющих масс, и в его («одномерных» или «двумерных») атомах не могли бы происходить процессы ионизации. В таком мире не существовали бы процессы возникновения и распада, процессы *обмена*, характерные для жизни. Только в трехмерном мире возможно возникновение сложных молекулярных структур, обладающих способностью к обмену, изменчивости, эволюции.

---

<sup>173</sup> Подробней с этой проблемой можно познакомиться в книге: Сурдин В. Г. Динамика звездных систем. — М., 2001.

<sup>174</sup> Этот результат, полученный в рамках классической механики и боровской модели атома, остается в силе и для квантовой механики.

Понятно теперь, почему мы живем в трехмерном мире: в другом мире мы просто не могли бы существовать. Это относится не только к человеку, но и к любому разумному существу с телом, представляющим собой сложную структуру, построенную из атомов.

Следующий шаг в исследовании отношения «человек–Вселенная» связан с фундаментальными физическими константами.

### 3.4. Кто задает физические постоянные?

Что меня действительно глубоко интересует, так это — мог ли Бог создать мир иным?

*А. Эйнштейн*

Природа материального мира, его важнейшие свойства в значительной мере определяются фундаментальными физическими постоянными. К ним прежде всего относятся: массы важнейших элементарных частиц протона, нейтрона и электрона:  $m_p$ ,  $m_n$ ,  $m_e$ , заряд электрона  $e$  и фундаментальные физические константы: постоянная тяготения  $G$ , постоянная Планка  $h$  (или  $\hbar = h/2\pi$ ), скорость света  $c$ , постоянная слабого взаимодействия  $g_w$ . Значения этих констант зависят от выбранной системы единиц измерения. Наряду с ними используются безразмерные константы четырех физических взаимодействий:

гравитационного	$\alpha_g = \frac{Gm_p^2}{\hbar c} \approx 10^{-38};$
слабого	$\alpha_w = \frac{g_w m_p^2 c}{\hbar^3} \approx 10^{-5};$
электромагнитного	$\alpha_e = \frac{e^2}{\hbar c} \approx 10^{-2};$
сильного	$\alpha_s \approx 1.$

Значения констант получены из эксперимента. Но почему они именно такие?

В романе «Черное облако» известный английский астрофизик Ф. Хойл описал сообщество высокоразвитых Космических Разумов, которые познали все законы природы. Единственная проблема, которую им остается решить — кто задает фундаментальные постоянные? Но как только кто-либо из членов сообщества приближается к разгадке этой тайны — он бесследно исчезает. Современные

космологи также отважились взяться за эту проблему. Прежде всего им необходимо было ответить, почему константы имеют те самые значения, которые известны нам из опыта. Подход, который использовался при решении этой проблемы, вполне соответствовал обычной процедуре, принятой в физике: если нас интересуют значения каких-то параметров, попробуем проварьировать эти значения и посмотрим, как изменятся при этом условия в изучаемой системе. Этот естественный и вполне разумный подход, применительно к фундаментальным константам, привел к совершенно неожиданным результатам.

Ну казалось бы, что может произойти, если мы немного изменим массу электрона? Соответственно изменится размер атомов, а значит, и размер окружающих нас тел. Но если изменения массы электрона невелики, то и размер тел должен измениться незначительно. Вот вроде и все! Или, что будет, если изменить значение постоянной тяготения  $G$ ? Очевидно, для двух данных тел изменится сила тяготения между ними. От величины тяготения зависит эволюция Вселенной и эволюция отдельных небесных тел. Значит, изменятся и эти тела, изменятся, в частности, их размеры. Но опять-таки, кажется, что если изменения постоянной тяготения будут невелики, то и свойства тел изменятся немного. Никаких глубоких качественных изменений во Вселенной при незначительной вариации констант вроде бы не должно произойти. Оказалось, что подобное заключение совершенно неверно. Незначительные вариации физических констант на самом деле ведут не к малым изменениям свойств небесных тел, а к радикальным качественным изменениям свойств Вселенной в целом. Причем эти изменения таковы, что они исключают возможность существования жизни во Вселенной. Рассмотрим несколько примеров.

Начнем с «соотношения больших чисел», которое связывает константы макро- и микромира. Одно из соотношений такого рода связывает постоянную Хаббла  $H_0$  с атомными константами. Обратная величина постоянной Хаббла  $1/H_0$  имеет размерность времени, по порядку величины она равна  $10^{18}$  с. Рассмотрим комбинацию атомных констант, имеющих ту же размерность:  $\hbar / \alpha_g m_e c^2$ . Подставляя значение констант, можно убедиться, что эта комбинация по порядку величины также равна  $10^{18}$  с. Таким образом, имеем:

$$\frac{1}{H_0} \approx \frac{\hbar}{\alpha_g m_e c^2}. \quad (3.1)$$



В этом выражении слева стоит обратная величина постоянной Хаббла, которая характеризует свойства Вселенной в целом; справа — комбинация атомных констант. Конечно, это равенство приближенное, оно удовлетворяется только по порядку величины. И все же даже такое приближенное совпадение, учитывая совершенно различный характер входящих в него констант, — удивительно. Возникает вопрос: что это, чисто случайное совпадение, или его можно предсказать теоретически? Оказывается, для обитаемой Вселенной оно на самом деле должно иметь место.

Действительно, величина  $1/H_0$  — это, так называемое, хаббловское время  $t_H$ , которое определяет современный возраст Вселенной. А величина, стоящая справа в выражении (3.1), как следует из теории внутреннего строения звезд, определяет время  $t_s$  жизни звезды на главной последовательности<sup>175</sup>. Значит, выражение (3.1) сводится к равенству:  $t_H \approx t_s$ . В обитаемой Вселенной такое соотношение с необходимостью должно выполняться. Действительно, если  $t_H < t_s$ , то к моменту  $t_H$  (современный возраст Вселенной) в недрах звезд не успеют образоваться тяжелые элементы, необходимые для жизни. Если же  $t_H > t_s$ , то к этому моменту все ядерное горючее уже выгорит, ядерные реакции в недрах звезд прекратятся, и они перестанут поставлять энергию, необходимую для жизни. Следовательно, условие  $t_H \sim t_s$ , а значит, и соотношение (3.1) является необходимым для жизни.

Итак, это соотношение (как и выше рассмотренное соотношение  $\rho = \rho_{кр}$ ) связано с современным возрастом Вселенной. Оно накладывает определенное ограничение на положение человека (наблюдателя) во временной шкале: человек, познающий Вселенную, может появиться лишь тогда, когда созревают необходимые условия, и он существует во Вселенной до тех пор, пока условия в ней допускают его существование. Если изменить значения атомных констант, соотношение (3.1) выполняться не будет и существование человека в современный момент станет невозможным.

Значения фундаментальных констант накладывает ограничение не только на положение человека во временной шкале, но и на свойства самой Вселенной.

Рассмотрим постоянную тяготения. Если изменить ее значение, это приведет к изменению внутреннего строения звезд. В § 2.1 мы видели, что значительные по толщине слои Солнца, расположенные непосредственно под его поверхностью, охвачены конвективным перемешиванием. Подобные конвективные зоны имеются и у других звезд главной последовательности с массой близкой к массе Солнца. Более массивные звезды не имеют конвективной зоны. Согласно существующим гипотезам образования звезд и планетных систем, последние возникают только у звезд, имеющих конвективную зону. Если несколько увеличить постоянную тяготения, то тогда все звезды главной последовательности представляли бы собой горячие голубые гиганты, не имеющие конвективной зоны, и следовательно, у них не могли бы возникнуть планетные системы. Более сильное гравитационное взаимодействие несовместимо с существованием планет, а значит, и с существованием человека. Надо при-

<sup>175</sup> См. Девис П. Случайная Вселенная. — М.: Мир, 1985, § 2.3.

знать, что этот вывод основан на некоторых гипотезах, справедливость которых может быть подвергнута сомнению.

Более определенное заключение вытекает из рассмотрения константы сильного взаимодействия. Если бы она была меньше наблюдаемого значения, то ядерные силы оказались бы недостаточными для того, чтобы удерживать нуклоны в составе атомного ядра. В таком мире не могли бы существовать никакие химические элементы, кроме водорода. В нем отсутствовала бы химическая форма движения материи и не могла бы существовать жизнь известного нам типа.

Обратимся теперь к массам элементарных частиц. Масса электрона, выраженная в энергетических единицах, составляет 0,5 МэВ. Масса протона и нейтрона порядка  $10^3$  МэВ. При этом масса нейтрона на 1,3 МэВ больше массы протона. Эта разница масс  $\Delta m$  на 0,8 МэВ превышает массу электрона  $m_e$ , или, иными словами, сумма масс покоя электрона и протона на 0,8 МэВ меньше массы нейтрона. Это очень важное обстоятельство, оно объясняет, почему электрон в атоме водорода не вступает во взаимодействие с протоном, образуя нейтрон:  $p + e^- \rightarrow n + \nu$ . Для подобной реакции не хватает энергии. Ведь необходимо, чтобы суммарная энергия протона и электрона равнялась суммарной энергии образующихся нейтрона и нейтрино. На ускорителях, когда электрон и протон сталкиваются с большими скоростями, эта реакция протекает весьма эффективно. Но в обычных условиях, в атоме водорода, поскольку суммарная масса покоя протона и электрона меньше массы нейтрона (не говоря уже об энергии выделяющегося нейтрино), эта реакция идти не может. Если бы масса электрона была, например, вдвое больше, составляя 1,5 МэВ, то реакция могла бы идти. В этом случае атом водорода не мог бы существовать, он разрушился бы примерно через 30 часов после образования. То же самое будет иметь место, если, не меняя массу электрона, изменить массу протона или нейтрона так, чтобы разность их масс  $\Delta m$  уменьшилась на 0,8 МэВ. Поскольку масса протона и нейтрона порядка  $10^3$  МэВ, то достаточно ничтожного изменения масс этих частиц, на величину  $\sim 0,1\%$ , для того чтобы реакция стала возможной. Таким образом, если изменение постоянной сильного взаимодействия, как мы видели выше, приводит к тому, что во Вселенной не могут существовать никакие химические элементы, кроме водорода, то при незначительных изменениях массы протона и нейтрона во Вселенной не может существовать и водород. А следовательно, и все остальные химические элементы, ибо все они образуются из водорода. Конечно, в такой Вселенной не могла бы существовать и жизнь.

Итак, для существования атома водорода необходимо выполнение условия  $\Delta m > m_e$ . Если бы нам пришлось конструировать Вселенную, мы должны были бы считаться с этим условием. Казалось бы, удовлетворить ему не очень сложно: надо выбрать массу протона и нейтрона так, чтобы их разность ( $\Delta m = m_n - m_p$ ) была больше массы электрона  $m_e$ . Но, с другой стороны, нельзя допустить, чтобы величина  $\Delta m$  была слишком большой, ибо в этом случае мы столкнемся с проблемой дейтерия.

Ядро дейтерия (тяжелого водорода) состоит из протона и нейтрона, которые удерживаются ядерными силами. Энергия связи частиц в ядре дейтерия составляет  $\epsilon_{св} = 2,2$  МэВ. Ядерные силы препятствуют распаду

нейтрона и делают ядро дейтерия стабильным. В свободном состоянии нейтрон легко распадается на протон и электрон с испусканием антинейтрино:  $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}$ . Разность масс нейтрона и протона идет на образование электрона, а оставшаяся масса превращается в энергию  $E$  движения образующихся частиц:  $E = \Delta m - m_e = 0,8$  МэВ. Поскольку внутри ядра дейтерия энергия связи превышает энергию движения образующихся частиц, то нейтрон не может распасться, и ядро останется стабильным. Условие стабильности ядра:

$$\epsilon_{\text{св}} > E = \Delta m - m_e, \quad \text{или} \quad \Delta m < \epsilon_{\text{св}} + m_e.$$

Если это условие нарушается, то дейтерий не может существовать. Существенно ли это для жизни? Хотя дейтерий — очень редкий элемент, его полное отсутствие имело бы катастрофические последствия для Вселенной. Действительно, образование ядра дейтерия (дейтона) является первым звеном в цепочке ядерных реакций, ведущих от водорода к более тяжелым элементам. Если бы не было дейтерия, не было бы и этих элементов. Мы снова пришли к безжизненной чисто водородной Вселенной.

Два последних примера иллюстрируют еще одно важное обстоятельство: исключительно «тонкую настройку Вселенной» для жизни. Действительно, для существования водорода необходимо, чтобы выполнялось условие  $\Delta m > m_e$ , для стабильности дейтерия необходимо условие  $\Delta m < \epsilon_{\text{св}} + m_e$ . Для того чтобы во Вселенной могла существовать жизнь, надо, чтобы выполнялись оба эти условия одновременно, т. е.  $\Delta m$  должно быть заключено в очень узких пределах:

$$m_e < \Delta m < \epsilon_{\text{св}} + m_e$$

или

$$0,5 \text{ МэВ} < \Delta m < 2,7 \text{ МэВ}.$$

Разность масс протона и нейтрона удовлетворяет приведенному условию. Но насколько «узки» эти ворота? Протон и нейтрон — две частицы с очень близкими свойствами, они отличаются лишь зарядом и небольшой разностью масс. Существуют и другие семейства похожих между собой частиц, они получили название изотопических мультиплетов. Так вот, если взять разность масс  $\Delta m$  для частиц, входящих в изотопические мультиплеты, то для всех семейств она существенно больше, чем для протона и нейтрона и, что весьма существенно, больше предельного значения 2,7 МэВ. На это обратил внимание И. Л. Розенталь. Для протона и нейтрона величина  $\Delta m$  минимальна, это своего рода флуктуация в распределении  $\Delta m$  для различных мультиплетов. Любопытно, что в Природе осуществилась эта редкая флуктуация! Но если бы этого не произошло, жизнь во Вселенной была бы невозможна.

Еще более впечатляющий пример связан с массой электрона. Если мы возьмем массы всех элементарных частиц, то окажется, что большинство частиц имеет массу чуть больше массы протона. Имеется некоторое количество частиц с массами в 10 раз больше и в 10 раз меньше массы протона. Электрон — самая легкая из заряженных элементарных частиц, он почти в 2000 раз легче протона. Ближайшая к электрону по массе частица мюон имеет массу в 200 раз больше электрона. Значит, электрон не просто наилегчайшая частица, он *существенно* легче всех остальных частиц. Это очень редкая флуктуация! И опять-таки если бы эта флуктуация не реализовалась в Природе, то нарушилось бы необходимое условие жизни:  $m_e < \Delta m$ . И. Л. Розенталь приводит и другие примеры<sup>176</sup>.

Основной вывод, который следует из этого анализа, состоит в следующем: во Вселенной реализовался очень редкий набор фундаментальных констант, представляющий собой редкую флуктуацию их возможных значений. Причем структура Вселенной оказалась крайне чувствительна к числовым значениям этих постоянных: она сохраняется только в очень узких пределах их изменения. Достаточно значению каких-либо из постоянных выйти за эти пределы, как структура Вселенной претерпевает радикальные изменения: в ней становится невозможным существование одного или нескольких основных структурных элементов — атомных ядер, самих атомов, планет, звезд или галактик. Во всех этих случаях во Вселенной не может существовать и жизнь. Это означает, что в любой обитаемой вселенной (мыслимой или реально существующей) фундаментальные физические константы не могут иметь иные значения, кроме тех, которые известны нам из опыта. Развитие этих идей привело к формулировке космологического антропного принципа.

### 3.5. Антропный принцип

Почему же все проявляется в той, а не в другой форме, почему существуют те, а не другие законы природы? Ведь возможны и другие...

К. Э. Циолковский

**3.5.1. Становление антропного принципа.** Антропный принцип (АП) устанавливает соотношение между фундаментальными

---

<sup>176</sup> Розенталь И. Л. Элементарные частицы и структура Вселенной. — М.: Наука, 1984. 112 с.

свойствами Вселенной в целом и существованием в ней жизни и человека, или в более общей трактовке — между существованием наблюдателя и наблюдаемыми свойствами Вселенной. Уже на первом этапе формирования АП (Г. М. Идлис, А. Л. Зельманов, 1950–1960-е годы) были сформулированы две главные относящиеся к нему идеи:

1) основные черты наблюдаемой Вселенной являются необходимыми для возникновения и развития жизни и 2) это объясняется тем, что мы наблюдаем не произвольную область Вселенной, а ту, в которой существует познающий эту Вселенную субъект (наблюдатель) и в которой реализовались необходимые для его существования условия. Или: мы являемся свидетелями наблюдаемых свойств Вселенной, потому что при других ее свойствах развитие Вселенной протекало бы без свидетелей (А. Л. Зельманов). В 1973 г. Б. Картер сформулировал это положение в виде следующего принципа, который он назвал антропологическим:

«...то, что мы можем наблюдать, должно быть ограничено условиями, необходимыми для нашего существования»<sup>177</sup>.

Следует подчеркнуть, что антропный принцип был выдвинут вне всякой связи с проблемой существования разумной жизни или исследованием места человека во Вселенной. Космологов и физиков-теоретиков интересовали совсем другие проблемы: почему мир устроен так, а не иначе? Почему Вселенная такова, как мы ее наблюдаем? Пока космология делала первые шаги, задавать такие вопросы было не принято: считалось, что это относится к области метафизики. Космологию интересовал вопрос, *как* устроен мир. Что же касается того, *почему* он устроен так, а не иначе — этот вопрос выходил за пределы космологии. Если же на него приходилось все-таки отвечать, то ссылались на действия законов природы. Объяснение в таком случае сводилось к следующему. Существуют определенные объективные законы природы, в том числе физические законы, известные нам из опыта. Решая уравнения, описывающие эти законы, и подставляя значения фундаментальных констант (известные также из опыта), мы получаем космологические модели развития Вселенной в целом, теории образования и эволюции галактик, звезд и т. д., т. е. теории, описывающие

---

<sup>177</sup> Картер Б. Совпадения больших чисел и антропологический принцип в космологии (доклад на Краковском симпозиуме по космологии, 1973) / Космология. Теория и наблюдения. — М.: Мир, 1978. С. 369–380; см. с. 370. В дальнейшем за этим принципом утвердилось название «антропный».

наблюдаемые свойства Вселенной. Значит, эти свойства и объясняются действием законов природы. В течение определенного времени, на определенном уровне развития космологии, такое объяснение считалось удовлетворительным. (Хотя наиболее проницательные мыслители, такие как К. Э. Циолковский и А. Эйнштейн, не удовлетворялись подобным объяснением и стремились к более глубокому постижению «Причины Мира».) На следующем уровне развития космологии с неизбежностью возникли вопросы: почему имеют место именно такие законы природы, и почему физические константы имеют такие, а не какие-то иные значения? Попытка ответить на эти вопросы и привела к формулировке антропного принципа<sup>178</sup>.

**3.5.2. Ансамбль миров. Что объясняет и чего не объясняет антропный принцип.** Используя антропный принцип, мы можем теоретически (до наблюдения) предсказать, какими свойствами должна обладать обитаемая Вселенная. Например, какова должна быть средняя плотность во Вселенной, ее масса (в случае закрытой модели), какова должна быть размерность пространства и числовые значения фундаментальных констант. Однако задача, как мы помним, состояла в том, чтобы понять, почему Вселенная обладает наблюдаемыми свойствами. Попытка перейти от предсказания к объяснению привела к развитию концепции ансамбля вселенных.

Ансамбль вселенных характеризуется всеми мыслимыми комбинациями начальных и граничных условий, всеми мыслимыми комбинациями фундаментальных констант. В каждой вселенной этого ансамбля реализуется определенный набор параметров. Существование наблюдателя возможно не при всех, а только при некоторых комбинациях параметров, которые определяют совокупность необходимых и достаточных условий для жизни. Эти параметры выделяют в ансамбле миров «познаваемое» подмножество. Можно назвать его также подмножеством обитаемых вселенных, а каждую вселенную этого подмножества — обитаемой. Очевидно, наша Вселенная принадлежит к этому подмножеству.

---

<sup>178</sup> Б. Картер выделил две различные формулировки АП: слабый АП и сильный АП. Слабый АП применяется к параметрам, которые зависят от современного возраста Вселенной (например, совпадение больших чисел); он накладывает ограничение на положение наблюдателя во временной шкале. Сильный АП применяется к параметрам, которые от возраста не зависят (например, соотношение между массами элементарных частиц); он накладывает ограничение на свойства самой Вселенной.

Ансамбль вселенных может быть мыслимым («логически возможные миры» Г. Лейбница<sup>179</sup>) или реально существующим. При этом миры могут реализоваться последовательно (как в модели пульсирующей Вселенной) или существовать параллельно. Согласно современной квантовой космологии (см. п. 2.2.3), вследствие квантовых флуктуаций вакуума, из вакуумной пены рождается множество миров-вселенных. И наша Вселенная лишь одна из них. При рождении этих вселенных, вероятно, происходят флуктуации всех физических параметров, включая размерность физического пространства и значения фундаментальных констант. Возникают вселенные с самыми различными свойствами. Некоторые из них оказываются пригодными для жизни, они и относятся к подмножеству обитаемых вселенных. В других вселенных какие-то из параметров выходят за допустимые пределы, эти вселенные остаются безжизненными. В принципе, это аналогично проблеме обитаемых планет в Солнечной системе. Те планеты, которые попадают в пределы экосферы, при наличии других благоприятных обстоятельств, могут стать обитаемыми. Планеты, находящиеся за пределами экосферы, остаются безжизненными. (Напомним еще раз, что здесь мы рассматриваем только ту форму водно-углеродной жизни, к которой принадлежим сами. Возможно в других вселенных, где нет ни звезд, ни планет, ни атомов, ни, вообще, известных нам форм материи — существуют какие-то свои «экзотические», с нашей точки зрения, виды жизни. Но мы ими пока интересоваться не будем). Итак, предположение об ансамбле вселенных позволяет объяснить, почему мы *наблюдаем* то или иное свойство Вселенной. Если оно относится к числу необходимых для жизни (а мы видели, что важнейшие свойства Вселенной являются таковыми!), то объяснение сводится к весьма тривиальному рассуждению: рассматриваемое свойство относится к числу типичных свойств обитаемых вселенных (раз оно необходимо для жизни); наша Вселенная — обитаема, следовательно, ей также присуще это свойство.

Сложнее обстоит дело, когда мы пытаемся понять, почему *реализовался* наш мир с набором наблюдаемых параметров (размерностью, константами и т. д.). Поясним это на примере. Как известно, для жизнедеятельности человека необходим кислород. Предположим, жители Тау Кита получили пластинку, установленную на космическом корабле «Пионер-10». Тогда они могли бы с полным основанием *предсказать*, что в атмосфере Земли должен наблюдаться кисло-

<sup>179</sup> Мостепаненко А. М. Проблема «Возможных миров в современной космологии // Вселенная, астрономия, философия. — М., 1988. С. 79–89.

род. Предположим теперь, что они ранее наблюдали кислород в земной атмосфере. Теперь они могут объяснить этот факт тем, что Земля относится к числу обитаемых планет, в атмосфере которых присутствует кислород. В данном случае объяснение сводится к тому, что кислород *наблюдается* (в атмосфере Земли) потому, что он в ней *присутствует*. Но если бы перед тау-китянами был поставлен вопрос: почему в земной атмосфере присутствует кислород, они не могли бы ограничиться ссылкой на то, что земля обитаемая планета, им следовало бы найти истинную причину наличия кислорода в атмосфере, которая связана не с существованием человека на Земле, а с жизнедеятельностью зеленых растений, которые обогащают атмосферу кислородом. Так же и в отношении Вселенной. Привлекая ансамбль миров-вселенных, мы можем объяснить, почему во Вселенной наблюдаются те или иные свойства, но не можем объяснить, почему в ней реализовались условия, сделавшие ее обитаемой, если не считать это чисто случайным событием. Таким образом, полного ответа на вопрос «почему Вселенная такова...» антропный принцип (даже с привлечением ансамбля вселенных) не дает.

Иногда антропный принцип формулируют в таком виде: фундаментальные свойства Вселенной определяются фактом существования человека (наблюдателя). В таком виде формулировку АП нельзя признать полностью корректной, ибо здесь причина и следствие поменялись местами. В действительности, не Вселенная такова, потому что в ней существует человек, а человек существует во Вселенной потому, что в ней реализовались именно те условия из множества возможных, которые оказались допустимыми для существования жизни (и человека). Но раз уж это произошло, и мы существуем, то наблюдаемые свойства Вселенной не могут быть иными, чем те, которые требуются для того, чтобы жизнь в ней стала возможной. Разумеется, можно по следствию судить о причине. Но при этом не надо выдавать следствие за причину.

### 3.5.3. Не замешан ли человек в проектировании Вселенной...?

Попытка понять, каким образом во Вселенной реализовался комплекс необходимых условий, привела к постановке вопроса: «не замешан ли человек в проектировании Вселенной более радикальным образом, чем мы думали до сих пор?»<sup>180</sup> В какой мере правомерна подобная постановка вопроса?

Прежде всего необходимо отметить, что понятие «проектирование Вселенной», при определенных условиях, вполне допустимо в

<sup>180</sup> Уилер Дж. Выступление в дискуссии на Краковском симпозиуме по космологии, 1973 / Космология. Теория и наблюдения. — М.: Мир, 1978. С. 368.



рамках научного подхода. Речь идет о том, что жизнь и разум, будучи важными атрибутами материи, могут быть существенным и притом не только пассивным, но и активным фактором эволюции космоса. В концепции биосферы В. И. Вернадского это выражается в планетарных масштабах. Но уже здесь намечается переход к следующей ступени, ибо, согласно Вернадскому, человечество рассматривается не только как геологический, но и как космический фактор. Подтверждение этих взглядов можно видеть в изменении глобальных характеристик Земли (например, по уровню радионизлучения) и в первых попытках освоения Солнечной системы. К. Э. Циолковский развил концепцию ноосферы до Вселенских масштабов. Он считал, что высокоразвитые внеземные цивилизации, освоившие наблюдаемую нами область Вселенной, в широких масштабах воздействуют на ход природных процессов. По выражению Е. Т. Фаддеева, они «могут сознательно и по-новому организовывать материю, регулировать ход естественных событий»<sup>181</sup>. Сходных взглядов придерживался и известный американский астроном О. Струве, под руководством которого были проведены первые эксперименты по проекту «Озма». В своей увлекательной книге «Мы не одни» У. Салливан, излагая взгляды О. Струве, пишет, что, по его мнению, наука в середине XX века достигла уже такого уровня в изучении Вселенной, когда, «наряду с классическими законами физики, необходимо принимать во внимание деятельность разумных существ»<sup>182</sup>. Н. С. Кардашев в связи с проблемой поиска внеземных цивилизаций высказал мысль, что расширение наблюдаемой области Вселенной может быть «результатом сознательной деятельности суперцивилизаций»<sup>183</sup>. А И. Д. Новиков в цитированной выше книге «Как взорвалась Вселенная» серьезно обсуждает вопрос о создании Вселенной ... в лаборатории (см. также: *Сажин М. В.* Современная космология, гл. 17 «Не хотите ли создать Вселенную?»). В современных моделях космических цивилизаций рассматриваются различные варианты *космокреатики*, под которой подразумевается деятельность внеземного разума, направленная на «фундаментальную перестройку структуры материального мира, включая, быть может, изменение его пространственно-временных свойств и некоторых

<sup>181</sup> Фаддеев Е. Т. К. Э. Циолковский о бесконечности развития Вселенной / Труды V–VI Чтений К. Э. Циолковского. Секция «Исследование научного творчества К. Э. Циолковского». — М.: 1972. С. 26–39; см. с. 31.

<sup>182</sup> Салливан У. Мы не одни. — М.: Мир, 1967. С. 264.

<sup>183</sup> Кардашев Н. С. Астрофизический аспект проблемы поиска внеземных цивилизаций / Внеземные цивилизации. — М.: Наука, 1969. С. 25–101; см. с. 48.

основных законов»<sup>184</sup>. Мы подробно обсудим эти проблемы в гл. V. Отметим, что Л. В. Лесковым рассмотрены модели эволюции космических цивилизаций, основанные на интеграционных процессах и приводящие к объединению цивилизаций, к образованию Мета-цивилизаций, а также еще более высоких иерархических структур<sup>185</sup>. Творческие возможности таких Иерархий безграничны.

Таким образом, понятие «конструирование» Вселенной приобретает вполне содержательный смысл, если под Конструктором понимать не Личность, стоящую над Вселенной, а Коллективный Разум высокоразвитых Космических Иерархий (Космический Разум). Другой подход состоит в том, что под Конструктором подразумевается сама Природа<sup>186</sup>.

Рассмотрим ансамбль логически возможных миров. При реализации миров этого ансамбля выбор исходного комплекса (начальные условия, фундаментальные константы, физические законы) может производиться случайно или целенаправленно. Если роль Конструктора выполняет Космический Разум, случайный выбор маловероятен. Если роль Конструктора выполняет Природа, возможен либо случайный выбор, либо целенаправленный. Под целенаправленностью в *данном случае* можно понимать детерминированность выбора самыми общими законами эволюции.

Как отмечает в этой связи М. В. Сажин, при случайном выборе константы физических взаимодействий должны не слишком отличаться друг от друга. Но это не так в нашей Вселенной! Означает ли это, что наш Мир создан искусственно. Если это так, если «наш мир — игра неизвестного нам интеллекта, следует отметить, что он не сделал слишком много ошибок...» (*Сажин М. В. Современная космология в популярном изложении. — М., 2002. С. 224.*)

---

<sup>184</sup> Лесков Л. В. Космические цивилизации: проблемы эволюции. — М.: Знание, 1985. 64 с.; см. с. 39.

<sup>185</sup> Там же. С. 42–47.

<sup>186</sup> Правда, в этом случае легко прийти к известной мысли Спинозы, что Природа и есть Бог. Современные представления о самоорганизации позволяют по-новому переосмыслить эту проблему. В статье, посвященной «Самоорганизующейся Вселенной» Э. Янга, В. И. Аршинов приходит к следующему выводу. «И вот итог: осмысление человека в «самоорганизующейся Вселенной» порождает совершенно новый взгляд на мир, который творит сам себя. Этот взгляд предполагает, что идея божественности является не чем-то внешним миру, но с необходимостью включена в тотальность самоорганизующейся динамики Вселенной на всех уровнях и во всех измерениях. Но в таком случае бог — это уже не творец в традиционном смысле, но разум Вселенной». (*Аршинов В. И. «Самоорганизующаяся Вселенная» Э. Янга и глобальный эволюционизм / О современном статусе идеи глобального эволюционизма. — М.: Ин-т философии АН СССР, 1986. С. 91–104; см. с. 104.*)

Чрезвычайно тонкая настройка Вселенной к условиям, необходимым для жизни, позволяет рассматривать ее как систему, аналогичную системе «Гея». Такая система, как уже отмечалось, ведет себя подобно живому организму, и эволюция ее напоминает развитие организма из зародыша («генная модель» эволюции). Это неизбежно приводит к представлению о «Мировом Яйце», из которого «вылупилась» Вселенная (представление, присутствующее в мифологии многих народов). Роль Яйца может играть сингулярность или состояние ей предшествующее. В. В. Рубцов и А. Д. Урсул в монографии, посвященной методологическим аспектам проблемы внеземных цивилизаций, совершенно правомерно, на наш взгляд, ставят вопрос о том, было ли в объекте, из которого образовалась Вселенная («сингулярность», «первоатом», «сверхплотное состояние» и т. д.), заложена «программа» ее закономерного развития, разворачивания в пространстве и времени, или же мир является результатом случайного взаимодействия осколков, разлетевшихся после «первозрыва»? В связи с этим они отмечают, что представление о «первоатоме» как об однородной сверхплотной «капле» скорее основано на традиции физикализма, чем на знании его подлинной природы и структуры<sup>187</sup>. В настоящее время физика делает первые шаги в попытке проникнуть в сложную природу сингулярности. Сюда относятся и идеи Дж. Уилера о предгеометрическом состоянии Вселенной, и более поздние представления о возникновении раздувающейся Вселенной из вакуумной пены. В рамках этих идей и моделей предполагается, что отбор исходного комплекса (начальных условий, констант и законов) происходит случайно. Если даже это, действительно, так, можно думать, что после того, как отбор совершился, дальнейшая эволюция Вселенной разворачивается по избранной программе, как рост могучего дерева происходит по программе, заложенной в семени, из которого оно развивается.

#### 3.5.4. Является ли антропный принцип антропоцентрическим?

Каково соотношение между современным космологическим антропным принципом и антропоцентрическим принципом, идущим от Аристотеля? Сходство в наименовании и некоторые неудачные формулировки АП привели к тому, что в ряде случаев между антропным и антропоцентрическим принципом ставится, по существу, знак

<sup>187</sup> Рубцов В. В., Урсул А. Д. Проблема внеземных цивилизаций: философско-методологические аспекты. — Кишинев: Штиинца, 1984. 263 с.; см. с. 88.

равенства. Это явилось одной из причин довольно острой полемики, которая возникла вокруг АП<sup>188</sup>. Между тем, содержание этих принципов совершенно различно.

Антропоцентрический принцип, связанный с геоцентрическими системами мира, декларирует центральное или, во всяком случае, уникальное, привилегированное положение человека во Вселенной. Антропный принцип не требует и не утверждает исключительности человеческого рода. Для того чтобы АП «работал», важно не наличие человека на Земле, а наличие наблюдателя на любой планете в нашей Вселенной. Для существования наблюдателя в галактике М 31 необходимы те же условия (поскольку мы договорились не рассматривать «экзотические» формы жизни), те же ограничения на фундаментальные параметры Вселенной; и он тоже не может существовать, если эти условия не выполняются. В этом смысле было бы более точным говорить не об антропном принципе, а о «принципе разумного наблюдателя». Но такое название более громоздко. В конце концов, суть не в названии, а в адекватном понимании термина. Нас ведь не смущает термин «атом», хотя он уже давно перестал считаться неделимым.

Предсказательная и объяснительная функции антропного принципа связаны с любым наблюдателем во Вселенной и, по-моему, это самый главный аргумент против интерпретации АП в духе антропоцентризма. Что же является основанием для подобной интерпретации? Иногда в качестве основания рассматривается поразительная взаимосогласованность фундаментальных констант и астрономических свойств Вселенной, очень тонкая подстройка Вселенной для жизни. Между тем, антропный принцип вовсе не декларирует эти качества, они объективно присущи миру; АП только помогает вскрыть объективную реальность. Другим основанием послужили некорректные формулировки АП типа: «если бы не было людей, не было бы и Вселенной» или: «Вселенная создана ради человека» и т. д. Антропный принцип, конечно, ничего общего с подобными формулировками не имеет. Они возникли в результате ряда неточностей<sup>189</sup>.

<sup>188</sup> См., например: *Мартынов Д. Я.* Антропный принцип в астрономии и его философское значение / О современном статусе идеи глобального эволюционализма. — М.: Ин-т философии АН СССР, 1986. С. 155–157; он же // *Вселенная, астрономия, философия.* — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1988. С. 58–65.

<sup>189</sup> *Гиндилис Л. М.* Антропный принцип: занимает ли человек исключительное место во Вселенной // *Глобальный эволюционализм.* — М., 1994. С. 65–93.

Иногда исключительное положение человека в ансамбле вселенных пытаются усмотреть в том, что мы живем в такой «уникальной» Вселенной, где реализовался комплекс условий, сделавший возможным наше существование. Здесь акцент смещается с вопроса о центральном (привилегированном) положении человека во Вселенной на уникальность самой нашей Вселенной. В связи с этим прежде всего, можно отметить, что уникальность нашей Вселенной относительна. До сих пор мы всячески избегали упоминания о неантропоморфных формах жизни и разума, поскольку интересовались местом *человека* во Вселенной. Но коль скоро речь зашла об уникальности человека в ансамбле вселенных, такое ограничение становится неоправданным. Ведь в других вселенных могут существовать совершенно «экзотические», с нашей точки зрения, формы жизни и разума. И для каждого «наблюдателя» в такой вселенной будет действовать свой АП. Поэтому сам по себе АП вовсе не ведет к какой-то привилегированности человека в ансамбле вселенных. Можно полагать, что в разных вселенных существуют свои формы жизни и разума, и ни одна из них не является более привилегированной, чем другие. Но если даже ограничиться рассмотрением только известных нам форм жизни, то и в этом случае нет оснований говорить об исключительности нашей Вселенной (и тем более об исключительности человека). То обстоятельство, что в ансамбле миров наша Вселенная принадлежит, может быть, к редкому классу обитаемых вселенных (познаваемому подмножеству), делает ее, в известном смысле, уникальной, но не более, чем уникальна планета с подходящими для возникновения жизни условиями среди множества других планет. Хотя это вовсе не означает, что такая планета по своему значению занимает центральное положение во Вселенной. Нелепо требовать, чтобы положение человека **никак** не выделялось ни в пространстве, ни во времени. Это было бы доведением принципа Коперника<sup>190</sup> до абсурда. Именно это подчеркивал один из авторов антропного принципа Б. Картер, когда он отмечал, что наше положение во Вселенной, хотя и не является центральным, но, в известном смысле, оно неизбежно привилегированное.

---

<sup>190</sup> Принципом Коперника называют мировоззренческий принцип, возникший в результате крушения геоцентрической системы мира, согласно которому положение человека во Вселенной не является выделенным. Действительно, Земля одна из планет в Солнечной системе (не самая близкая и не самая далекая от Солнца), Солнце — типичная звезда главной последовательности, одна из миллиардов звезд расположенная на периферии нашей Галактики, Галактика — одна из типичных представителей многочисленного класса спиральных галактик в Метагалактике. Нет такого параметра, по которому мы могли бы претендовать на какое-то особое место во Вселенной.

Остается рассмотреть, не ведет ли введение понятия «конструирование Вселенной» к антропоцентризму. Это зависит от планов Конструктора (под которым мы подразумеваем Космический Разум), от его намерений. Если Он создает Вселенную только ради человека, если выбор начальных условий, фундаментальных констант и законов был сделан *только ради того*, чтобы в грандиозном процессе эволюции Вселенной на одной из множества планет появился, наконец, Homo sapiens, — тогда можно говорить об антропоцентризме. Но такая точка зрения была высмеяна еще Вольтером в «Микромегасе». Если же человек занимает более скромное место в планах Конструктора, то и оснований для антропоцентризма нет. Неизвестные нам планы Конструктора потребовали реализации определенных условий во Вселенной. Как *одно из* следствий этого, стало возможным существование человека на Земле (наряду с появлением других разумных существ в других областях Вселенной). В этом случае человек — не цель эволюции, а ее промежуточный этап.

Заметим, что если под Конструктором понимать Творца в традиционном религиозном духе, то и в этом случае место человека во Вселенной будет зависеть от целей, от воли Творца. Таким образом, введение Конструктора в любой его ипостаси (Природа, Космический Разум, Творец), само по себе, не имеет никакого отношения к антропоцентризму и не дает оснований интерпретировать антропный принцип как антропоцентрический.

Отрицание антропоцентризма вовсе не означает отрицание глубочайшей связи человека и Вселенной. Характер ее нуждается в дальнейшем осмыслении. В этом плане антропный принцип имеет огромную эвристическую ценность. Следует отметить также эстетическую роль антропного принципа. Эта проблема подробно исследовалась Ю. В. Линником. Линник видит эстетическую роль АП в том, что он «утверждает гармонию космоса и человека. Древняя идея о связи между человеком и миром получает здесь качественно новое осмысление»<sup>191</sup>. В древних философиях человек-микрокосм и Вселенная-макрокосм были связаны одной мерой, взаимно отражали друг друга. Развитие астрономии привело к тому, что эта соотнесенность оказалась утраченной. «Мир перестал быть изоморфным человеку»<sup>192</sup>. Вселенная стала для него лишь безразлич-

---

<sup>191</sup> Линник Ю. В. Эстетика Космоса. Автореферат диссертации на соискание степени доктора философских наук. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1988. 30 с. ; см. с. 26.

ным пассивным фоном. Современный антропный принцип на новом уровне возвращает нас к древней идее о соотношенности человека и Вселенной, человека и Космоса.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Доул С. Планеты для людей. — М.: Наука, 1974. 200 с.
2. Идлис Г. М. Основные черты наблюдаемой астрономической Вселенной как характерные свойства обитаемой космической системы // Известия Астрофизического ин-та АН Каз.ССР. 1958. Т. 7. С. 39–54.
3. Розенталь И. Л. Элементарные частицы и структура Вселенной. — М.: Наука, 1984. 112 с.
4. Новиков И. Д. Как взорвалась Вселенная. — М.: Наука, 1988. Гл. 31: Более чем странная Вселенная. С. 140–150.
5. О современном статусе идеи глобального эволюционализма. — М.: Институт философии АН СССР, 1986. 175 с.
6. Девис П. Случайная Вселенная. — М.: Мир, 1985.
7. Сажин М. В. Современная космология в популярном изложении. — М.: УРСС, 2002. 240 с.
8. Арманд А. Д. Эксперимент «Гея». Проблема живой Земли. — М.: Сиринь садхана, 2001. 191 с.