

А. Д. Панов

ВЕРОЯТНОСТНАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ АНТРОПНОГО ПРИНЦИПА И МУЛЬТИВЕРС¹

1. Антропный принцип и уникальность Вселенной

Почему условия на Земле пригодны для жизни? Такой вопрос кажется лишенным смысла, так как ответ на него очевиден: если бы на Земле условия не были пригодными для жизни, мы бы здесь не жили. Этот нехитрый ответ подразумевает, что существуют и другие планеты, на которых условия могут быть совсем другими, в том числе и вовсе не пригодными для жизни.

Однако, аналогичный вопрос в отношении всей нашей Вселенной более чем уместен. Это связано с пониманием двух вещей. С одной стороны, Вселенная могла бы быть устроена совсем по-другому — так, что никакая жизнь в ней

¹ Настоящая статья была написана раньше нашей статьи «Методологические проблемы космологии и квантовой гравитации», публикуемой в этом же сборнике. В промежутке времени между подготовкой двух статей вопросы, касающиеся статуса реальности Мультиверса, которые рассматриваются в настоящей статье, получили дальнейшее развитие, что и отражено в более поздней статье, публикуемой в сборнике. Однако для нашей статьи это изменение представлений не является критическим, поэтому мы сочли возможным оставить статью без переработки, чтобы не нарушать связность изложения. Не следует рассматривать некоторое различие в трактовке реальности понятия Мультиверса в этой и предыдущей статьях как выражение противоречивости позиции автора.

была бы невозможна. Фундаментальные физические постоянные (или начальные условия при образовании Вселенной) имеют до такой степени специальные значения, как будто они намеренно подобраны так, чтобы во Вселенной могли образоваться сложные формы материи¹. С другой стороны, в отличие от множества известных планет (в настоящее время около трех сотен), нам известна только одна Вселенная. Это обстоятельство порождает попытки искать ответ на вопрос о столь выделенных свойствах Вселенной, что в ней может существовать жизнь и разум, в совершенно различных направлениях.

Одно направление поисков подразумевает, что Вселенная просто не могла быть иной. В частности, все фундаментальные постоянные должны однозначно выводиться из некоторой фундаментальной физической теории, которая тоже единственна. Именно это, видимо, подразумевал Эйнштейн в своем знаменитом высказывании: «Что меня по-настоящему интересует, так это был ли у Бога какой-то выбор при сотворении мира».

Другое направление связано с так называемым антропным принципом². Один из основных вариантов толкования антропного принципа гласит, что Вселенная такова, какова она есть, потому что будь она *другой* — ее некому было бы наблюдать. Как и в случае с планетами, с которого мы начали, такое объяснение устройства нашей Вселенной неявно подразумевает, что *могут быть и другие* вселенные, или наша Вселенная могла бы оказаться другой в ситуации некоторого *выбора*. Вне этого предположения слово «другой» в формулировке антропного принципа теряет смысл

¹ Розенталь И. Л. 1996. Теория элементарных частиц и принцип целесообразности. // В. В. Казютинский, ред., *Астрономия и современная картина мира*, Мир, Москва: ИФРАН. С. 183–192.

² Казютинский В. В. 1996. Антропный принцип и мир постнеклассической науки. // *Астрономия и современная картина мира*, М.: ИФРАН. С. 144–182.

вместе с самим принципом. И вот здесь все становится непонятным: что значит, другие вселенные «могут быть», что означает «выбор» и из чего, когда Вселенная всего одна? Можно ли придать разумный смысл понятию выбора (и, быть может, вероятности, необходимости или каким-то другим атрибутам выбора), если Вселенная всего одна? Из чего выбирать?¹

2. Мультиверс

В современной физике по нескольким совершенно разным причинам возникает представление, что наша Вселенная, или, как иногда говорят, наблюдаемая Вселенная, является лишь одним из многих объектов подобного же типа, которые в некотором, не совсем, правда, простом смысле, все одновременно существуют². Эти другие вселенные называются локальными вселенными, минивселенными, и даже – карманными вселенными. Всё объемлющее и заключающее в себя эти локальные вселенные многообразие называется Мультиверсом. Этот термин можно считать практически устоявшимся.

Важно, что локальные вселенные, одной из которых является наша Вселенная, в принципе могут обладать совер-

¹ Заметим, что здесь были обозначены две крайние возможности в объяснении тонкой настройки констант: полная детерминация фундаментальной физикой, либо фиксация антропным принципом из множества случайных наборов. Существует промежуточная возможность, когда значения некоторых важных констант жестко детерминированы, а другие фиксируются антропным принципом. Возможно, именно это имеет место. Например, почти точное равенство плотности Вселенной критической плотности (что важно для жизни) является однозначным следствием инфляционной космологии, а что фиксирует другие постоянные – неизвестно. Вся антропная аргументация по-прежнему работает на подмножестве недетерминированных констант.

² Тегмарк М. 2003. Параллельные вселенные. // *В мире науки*. № 8. С. 23–33.

шенно разными свойствами: разными спектрами масс фундаментальных частиц, разными константами взаимодействия, разными начальными или граничными условиями, даже разными размерностями пространства. Для краткости обычно говорят просто о различии наборов фундаментальных констант. Более того, в современной физике нащупывается подход к возможным механизмам фиксации того или иного набора констант в разных вселенных. Это может быть связано, например, с выбором одной из возможных конфигураций физического вакуума в теории суперструн¹, хотя это не исчерпывает всех возможностей. Мы здесь ссылаемся на эту возможность просто потому, что соответствующие представления лучше разработаны и более широко известны.

Конфигурация физического вакуума в теории струн определяется выбором того или иного минимума энергии на множестве различных конфигураций так называемого пространства компактификации. Зависимость плотности энергии вакуума от конфигурации пространства компактификации иногда называется «ландшафтом теории струн», и тип вакуума соответствует одному из минимумов, или «долин», в этом ландшафте. Имеется даже оценка, сколько существует таких долин. Их оказывается чудовищно много: порядка 10^{500} . Столько же существует различных конфигураций вакуума, столько различных наборов фундаментальных физических констант и столько же может быть различных типов вселенных. Надо, конечно, понимать, что эти представления далеко еще не являются установленным научным фактом, но они не являются и беспочвенной спекуляцией. Обсуждаются возможные связи таких моделей с экспериментом.

Представление о Мультиверсе возникает в современной физике одновременно несколькими разными способами.

¹ Буссо Р., Полчински Й. Ландшафт теории струн. // *В мире науки*. № 12, 2004. С. 56–65.

Мы не ставим себе целью дать полный обзор, и упомянем только наиболее, как сейчас представляется, важные и фундаментальные возможности.

Мультиверс возникает, во-первых, в рамках так называемой многомировой интерпретации квантовой теории. Многомировая интерпретация восходит к Хью Эверетту¹ и часто называется эвереттовской интерпретацией. На самом деле сам Эверетт о многих мирах ничего не писал. Он только дал описание процесса квантового измерения исключительно в терминах уравнения Шредингера, без явного использования так называемого постулата редукции состояния фон Неймана (детальное обсуждение эвереттовской интерпретации имеется в нашей статье²). В этом подходе исследуемая квантовая система, прибор, а также, быть может, и наблюдатель, рассматриваются как единая большая квантовая система, которая описывается единым квантовым состоянием и унитарной эволюцией. После измерения такая система распадается в суперпозицию макроскопически различных квантовых состояний, в которой все результаты измерения существуют одновременно, но с разными амплитудами. Термин «многомировая интерпретация» связан с Джоном Уилером, который предложил распространить подход Эверетта на Вселенную в целом в комментарии, который был опубликован вместе с оригинальной статьей Эверетта³.

На самом деле, многомировую интерпретацию квантовой теории вообще трудно назвать интерпретацией, так как она является прямым и неизбежным следствием попытки рассмотреть Вселенную как квантовый объект. Она являет-

¹ Everett Hugh. III. Relative state formulation of quantum mechanics. // *Rev. of Modern Physics*, 1957.V. 29(3). P. 454–462.

² Panov A. 2008. Selection Postulates and Probability Rules in the Problem of Quantum Measurement. *NeuroQuantology*. V. 6(3). P. 297–310.

³ Everett Hugh. III. Relative state formulation of quantum mechanics. // *Rev. of Modern Physics*, 1957.V.29(3). P. 454–462.

ся неотъемлемой частью уже существующей квантовой теории, если «идти до конца». Фактически, представление о Вселенной как о квантовом объекте уже сейчас имеет прикладное значение для вычисления углового спектра анизотропии температуры реликтового излучения и спектра неоднородностей распределения материи в больших масштабах и подтверждается наблюдениями.

В многомировой интерпретации квантовая Вселенная представляет собой квантовую суперпозицию многих макроскопически различных классических эволюционных траекторий развития Вселенной, в совокупности образующих структуру, напоминающую древовидную. Причем, поскольку эволюционные траектории могут «расходиться» на очень ранней стадии, разные траектории могут различаться и наборами фундаментальных констант или начальных условий. Это уже сейчас имеет наблюдаемые следствия. Так, например, наблюдаемая картина анизотропии реликтового излучения связана с первичными квантовыми флуктуациями пространства-времени (для обзора см.¹) и является результатом случайного выбора одной из многих возможных квантовых альтернатив. Однако и другие альтернативы актуально должны существовать в других ветвях квантовой вселенной. Другие ветви имеют другой случайный выбор распределения температуры реликтового излучения по небесам, и обитатели этих других ветвей навечно обречены созерцать его и только его, как и мы ничего уже не можем сделать с наблюдаемым рисунком анизотропии в нашей Вселенной. Однако анизотропия реликтового излучения является результатом хотя и довольно фундаментального, но относительно «позднего» выбора. Влияние этого выбора

¹ Lineweaver Ch. H. Inflation and the cosmic microwave background. 2003. arXiv:astro-ph/0305179; Linde A. Inflationary Cosmology. *Lect. Notes Phys.* 2008. V.738. P. 1–54. (arXiv:0705.0164[hep-th]), Daniel B., Mark G. J., Peter A., et al. CMBPol Mission Concept Study: Probing Inflation with CMB Polarization. 2008. arXiv: 0811.3919[astro-ph].

на жизнь в нашей Вселенной относительно невелико. Более ранние «ветвления» могут вести к гораздо более серьезным отличиям в устройстве вселенных. Пример анизотропии реликтового излучения важен тем, что здесь случайная фиксация космологических параметров «видна, как на ладони» в виде случайного рисунка на небесах.

Надо отметить, что каждый компонент этой вселенской квантовой суперпозиции обладает собственным внутренним временем, причем вполне мыслима такая ситуация, что некоторые компоненты могут не содержать времени вовсе (например, оно может быть компактифицировано в структуру очень малого размера) или содержать несколько временных размерностей. Поэтому (и по ряду других более сложных причин, на которых мы не останавливаемся) это ветвление эволюций ни в коем случае не является процессом, развернутым во времени, как это очень часто наивно представляется. Это нечто более сложное.

Каждая эволюционная траектория квантовой вселенной «изнутри» воспринимается как отдельная локальная классическая вселенная, и, по существу, таковой и является. Но все траектории-вселенные существуют «одновременно» и равноправно как разные компоненты одной квантовой суперпозиции. При этом с каждой отдельной вселенной связана еще амплитуда, характеризующая положение данной вселенной в суперпозиции, которая не допускает простой классической интерпретации. Хотя нетривиальные связи между вселенными – компонентами квантовой суперпозиции не исключаются¹, но с точки зрения современного состояния науки такие возможности выглядят достаточно неортодоксально. По крайней мере в буквальном смысле путешествовать из одной вселенной в другую невозможно.

¹ Менский М. Б. Человек и квантовый мир. Странности квантового мира и тайна сознания. Фрязино, 2007.

Во-вторых, представление о Мультиверсе возникает в рамках представлений хаотической инфляционной космологии¹. Первоначальной целью инфляционной космологии было описание некоторых особенностей рождения нашей собственной Вселенной (ее плоскостность и др.), но оказалось, что логически замкнутая теория описывает рождение не одной, а сразу бесконечного набора локальных вселенных, причем процесс этого рождения имеет в определенном смысле непрерывный характер. Это представление известно как хаотическая, или вечная инфляция. Здесь Мультиверс представляет собой набор слабо связанных или совсем независимых классических (не квантовых) объектов – локальных вселенных, одним из которых является и наша Вселенная.

Локальные вселенные напоминают отдельные пузыри, либо выдуваемые из некоторого общего предка всех локальных вселенных – «правселемной», либо отщепляющиеся от других раздувающихся вселенных на начальной, квантовой, стадии раздувания (когда квантовые флуктуации энергии очень велики). Рассматривается также возможность рождения вселенных в сингулярностях черных дыр². Здесь по отношению друг к другу разные локальные вселенные оказываются как вне прошлого, так и вне будущего. Поэтому «одновременное» существование разных локальных вселенных надо понимать весьма условно. Нет никакого такого общего для всех времени, в котором все эти вселенные одновременно могли бы существовать.

¹ Линде А. Д. Раздувающаяся Вселенная. *Успехи физических наук*. Т. 144(2), 1984. С. 177–214; Linde A. Inflationary Cosmology. Lect. Notes. Phys. 2008. V. 738. P. 1–54. (arXiv:0705.0164[hep-th])

² Smolin Lee. Scientific alternatives to the anthropic principle. In: *Universe or Multiverse?* Cambridge University Press, 2007. P. 323–366 (arXiv:hep-th/0407213).

Наконец, возможен синтез обоих подходов, когда хаотическая инфляция, включающая множество минивселенных, рассматривается как единый квантовый объект. Помимо этого, существует еще целый ряд других концепций 'Мультиверса'¹, на которых не будем останавливаться.

Таким образом, возвращаясь к проблеме выбора устройства вселенной в антропном принципе, можно констатировать, что выбирать устройство вселенной, вполне возможно, *есть* из чего – это выбор из множества локальных вселенных Мультиверса. Однако, в последнем утверждении нуждается в уточнении слово «есть». Иначе говоря, в каком смысле «другие вселенные» можно признать существующими или реальными?

3. Реальность Мультиверса

Известный космолог Макс Тегмарк в качестве подзаголовка для популярной статьи² о Мультиверсе, написал: «Параллельные вселенные – не выдумка писателей-фантастов, а естественный вывод из космологических наблюдений». Эти слова нуждаются в некоторых пояснениях.

Как уже упоминалось, инфляционная космология описывает рождение не одной, а сразу огромного (или даже бесконечного) числа вселенных. При этом сама инфляционная космология не является досужей выдумкой или «мифом», как нередко приходится слышать, так как она имеет прямую связь с наблюдениями. В статье А.Д. Линде³ приведено семь проверяемых наблюдательных следствий инфляции, шесть из которых связаны с различными аспек-

¹ Тегмарк М. Параллельные вселенные. // В мире науки. № 8. 2003. С. 23–33.

² Там же.

³ Linde A. Inflationary Cosmology. // Lect. Notes. Phys.V. 738. 2008. P. 1–54. (arXiv:0705.0164[hep-th])

тами квантовых возмущений метрики пространства, имевшими место на ранних инфляционных стадиях расширения Вселенной. Хотя эти возмущения имели квантовый характер, но наблюдаемые в настоящее время следствия имеют вовсе не квантовый масштаб: они проявляются в крупномасштабной неоднородности наблюдаемой Вселенной (скопления и сверхскопления галактик, гигантские пустоты – «войды») и в анизотропии реликтового излучения. Тонкие особенности анизотропии реликтового излучения не только могут подтвердить или опровергнуть теорию инфляции как таковую, но и различить между различными инфляционными сценариями. Так как Мультиверс является неизбежным ингредиентом практически любого инфляционного сценария, то наблюдения действительно имеют к Мультиверсу самое непосредственное отношение, как и пишет о том Тегмарк¹.

Отметим, что наблюдения имеют отношение не только к Мультиверсу инфляционной космологии, но и к Мультиверсу многомировой эвереттовской интерпретации квантовой механики. Действительно, наблюдаемые следствия квантовых флуктуаций пространства, запечатленные в анизотропии реликтового излучения и крупномасштабных неоднородностях распределения материи, прямо говорят о том, что на самых ранних фазах развития вся Вселенная (или, по крайней мере, ее наблюдаемая часть) была существенно квантовым объектом. А квантовый объект должен описываться квантовой теорией, следовательно Вселенная должна была, или, по крайней мере могла, как и положено квантовому объекту, описываться суперпозицией квантовых состояний – суперпозицией многих вселенных. Нелепо предполагать, что потом эта суперпозиция куда-то исчезла: сама же квантовая теория предсказывает, что каждая ветка

¹ Тегмарк М. Параллельные вселенные // В мире науки. № 8. 2003. С. 23–33.

такой суперпозиции развивается совершенно независимо от всех остальных (продолжая непрерывно все более ветвиться).

Таким образом, те модели теоретической физики (или космологии), которые успешно описывают данные наблюдений, одним из своих компонентов содержат Мультиверс. Поскольку и в той степени, в какой предсказания этих моделей соответствуют реальности, реальны и их ингредиенты, включая Мультиверс и «параллельные вселенные». Без Мультиверса правильного и согласованного описания *наблюдаемой* реальности получить пока не удастся. На это утверждение обычно можно услышать два сорта возражений.

Первое возражение заключается в том, что как модель инфляции, так и эвереттовская интерпретация квантовой теории, отнюдь не являются истиной в последней инстанции, поэтому несколько опрометчиво делать на их основе категорические выводы. Более того, даже сама концепция Большого взрыва не является окончательно доказанной, так как красное смещение спектров далеких галактик может быть объяснено гравитационным смещением частоты света, реликтовое излучение чем-то еще и т. д.

Это всё действительно так, но верно также и то, что ни одна из таких альтернативных теорий с единых позиций не объясняет все наблюдательные данные, включая тонкие особенности спектра флуктуаций температуры реликтового фона, соотношение изотопов первичных легких элементов и т. д. При этом такие альтернативные теории часто просто довольно неграмотны и содержат большое число ошибок в фактах и в логике¹. А «стандартная космологическая мо-

¹ В качестве типичного примера статьи, посвященной критике концепции Большого взрыва, приведем статью: Семиков С.А. А был ли Большой взрыв? 2008. [Hth://ritz-btr.narod.ru/vzriv.html](http://ritz-btr.narod.ru/vzriv.html) Она типична в отношении ограничения круга использованных для анализа экспериментальных данных. Так, например, в ней даже не упоминаются самые кри-

дель»¹ вместе с теорией инфляции объясняет все основные результаты наблюдений, включая и их очень тонкие аспекты, причем с единых позиций и исходя из крайне ограниченного набора исходных предположений. Это является чрезвычайно сильным аргументом в пользу того, что значительная часть элементов этой «стандартной» картины уцелеет при любом дальнейшем развитии теории.

Можно ли исключить, что стандартная космология окажется совершенно неверной в своей основе? В отношении концепции горячего Большого взрыва это кажется почти невероятным, так как она согласованно и точно описывает огромное количество фактов. Что касается инфляции, то такое еще можно себе представить. Например, у инфляционной космологии имеется сильный конкурент в лице так называемой «бранной космологии» (braneworld cosmology²). В бранном сценарии наша Вселенная представляется трехмерной поверхностью (браной), вложенной в пространство более высокой размерности. Большой взрыв наступает после того, как наша брана сталкивается с *другой* аналогичной браной, то есть в бранной космологии концепция многих (двух как минимум) отдельных вселенных закладывается с самого начала. Инфляция в бранных моделях тоже присутствует, но не на ранних, а, наоборот, на

тические для серьезной проверки всех современных космологических теорий данные по анизотропии реликтового излучения. Здесь, к тому же, есть и явные патологии, например – ссылка на несуществующий эффект «старения света», и множество фактических ошибок.

¹ Под «стандартной космологической моделью», или Λ CDM-моделью, понимается модель, в которой плоская Вселенная с метрикой Фридмана-Робертсона-Уокера заполнена темной энергией (описываемой Λ -членом в уравнениях Эйнштейна) и холодной темной материей (англ. Cold Dark Matter). См. [Горбунов, Рубаков 2008:Гл. 4] а также статью в Википедии http://ru.wikipedia.org/wiki/Модель_Лямбда-CDM.

² Грин. Б. Ткань космоса: Пространство, время и текстура реальности. М., 2009. С. 395–414.

очень поздних стадиях расширения вселенных. Однако эта поздняя инфляция играет ту же роль, что и в обычной инфляционной космологии играла ранняя инфляция, так как предполагается, что соударения вселенных происходят на очень поздних стадиях расширения после предыдущего соударения (то есть соударения происходят периодически). Так что начальными условиями для горячего взрыва является растянутое инфляцией пространство от предыдущей фазы развития вселенной (чем объясняется плоскостность пространства и т. д.). Наблюдения, в принципе, способны различить обычные инфляционные сценарии и бранные сценарии (по особенностям поляризации реликтового фона), так что бранные сценарии вместе с обыкновенной инфляцией отнюдь не принадлежат области метафизики. Надо отметить, что, по мнению многих, бранные сценарии выглядят несколько противоестественно, так как нуждаются в «тонкой подгонке» параметров, в отличие от обычной инфляции. Например, соударяющиеся вселенные должны быть точно параллельны. С чего бы это? У бранных сценариев гораздо меньше сторонников, но не стоит забывать, что в науке вопросы истины голосованием не решаются. Таким образом, «стандартная космология», включая инфляцию, выглядит очень правдоподобной, и в той же степени правдоподобно существование Мультиверса.

Второе обычное возражение состоит в том, что даже если исходить из предположения, что теоретическая концепция Мультиверса совершенно верна, то сведения о других вселенных, поставляемые наблюдениями, *слишком* косвенные, чтобы считать другие вселенные реальными. Другие вселенные «не наблюдаются прямо».

В этом возражении требует уточнения слово «слишком». Что это в точности означает? Проблема в том, что все более или менее точные знания об окружающем мире вовсе не являются прямыми, но имеют смысл только

в рамках той или иной теоретической модели. Если некоторая теоретическая модель согласуется с наблюдениями, то и ее элементы считаются соответствующими реальности.

Даже такая операция, как простейшее измерение длины линейкой, связана с идеализированной моделью абсолютно твердого стержня. Вне такой модели вообще вряд ли могло бы возникнуть представление о длине. Что уж говорить о менее тривиальных случаях. Положение стрелки измерительного прибора приобретает смысл только для того, кто знает, что этот прибор измеряет, то есть владеет соответствующей теоретической моделью. А откуда нам известен, например, химический состав далеких звезд? Из спектроскопических наблюдений, которые интерпретируются на основе квантовой теории излучения, знания законов распространения света, устройства телескопа и т. д. Поэтому «реальность» химического состава звезд имеет весьма косвенный характер. Действительно «прямым знанием» мы обладаем только относительно собственных ощущений, и такое непосредственное знание переводится в знания об окружающем мире на основе различных концептуальных моделей этого мира. Так что различие между прямыми и косвенными наблюдениями провести совсем нелегко. В этом смысле статус реальности Мультиверса мало чем отличается, например, от реальности атомов гелия, входящих в состав звезды Проксимы Центавра, и от многих других объектов, которые наука считает реальными.

Однако одно радикальное предложение для качественного отделения прямых наблюдений от косвенных все же существует¹. Идея состоит в том, чтобы прямыми наблюдениями считать только такие, в которых наблюдается объект, причинно связанный с наблюдателем. Соответственно,

¹ Эта идея была высказана Е. А. Мамчур в частном вопросе, адресованном автору настоящей статьи.

только такие прямо наблюдаемые объекты можно считать вполне реальными. Напротив, сведения, которые мы получаем, хоть и посредством наблюдений, но об объектах, которые не могут быть с нами причинно связаны, но существуют только в рамках теоретической модели, правильно описывающей эти наблюдения, следует считать непрямыми, и не следует придавать таким объектам статуса реально существующих. В этом смысле гелий в Проксиме Центавра является реальным, но Мультиверс и параллельные вселенные не являются реальными, так как, по крайней мере в рамках принятых представлений, с ними невозможна причинная связь.

Такая позиция представляется логически безупречной, но если проводить ее вполне последовательно, то она приводит к весьма маргинальной позиции уже не в отношении Мультиверса, а в отношении нашей собственной Вселенной. Действительно, в соответствии со стандартной космологической моделью, основанной на метрике Фридмана-Робертсона-Уокера, которая прекрасно согласуется с наблюдениями, Вселенная глобально является однородной и изотропной. Однако, если мы будем рассматривать в телескоп области пространства, удаленные от нас на очень большие расстояния (несколько миллиардов световых лет), но связанные с нами причинно, то будем смотреть так же и в далекое прошлое, когда Вселенная была гораздо плотнее (на порядок и более), чем сейчас. Поэтому и увидим Вселенную гораздо более плотную, чем в окрестностях нашей Галактики. «Прямые» наблюдения не покажут никакой однородности. Те же удаленные участки Вселенной, которые соответствуют нашему настоящему и которые действительно имеют такую же плотность, как наши ближайшие окрестности (в соответствии со стандартной космологической моделью), отделены от нас огромными пространственно-подобными интервалами и не являются и никогда не будут с нами причинно связанными, поэтому они

для нас «не существуют», если пользоваться критерием причинности для определения статуса реальности существования объекта. Таким образом, в соответствии с жестким причинным критерием реальности объекта или «прямоты» наблюдения однородность нашей собственной Вселенной не получает статуса реально существующей и, более того, получает статус некоторого принципиально ненаблюдаемого свойства. Такой вывод логически допустим, но практически кажется неприемлемым, чтобы не сказать — абсурдным.

Поэтому причинный критерий «непосредственной наблюдаемости» вряд ли делает Мультиверс менее реальным. По нашему мнению, степень «реальности» Мультиверса определяется пока в основном степенью достоверности космологических моделей, оперирующих этим понятием. По мере того, как точность и глубина космологических наблюдений будут расти, будет меняться наблюдательный статус различных частных космологических моделей. Некоторые модели будут укреплять свои позиции, другие будут исключены и т. д. Синхронно будет меняться и «статус реальности» Мультиверса.

Таким образом, Мультиверс реален в той же степени, в какой реальна крупномасштабная однородность Вселенной стандартной космологии. Различие, конечно, существует в степени обоснованности теоретических моделей, поддерживающих эти понятия, но эти различия не являются такими уж принципиальными.

Можно указать на еще одну полезную аналогию. Многие разделы теоретической физики, включая специальную и общую теорию относительности, да и саму стандартную космологию, рассматривают единый пространственно-временной континуум, заполненный точками-событиями, в котором нет выделенного понятия настоящего, прошлого и будущего. Такое деление существует только по отношению к каждому отдельному событию этого континуума, но все точки-события в континууме равноправны. В этом

смысле, будущее существует столь же реально (или, лучше сказать – актуально), как настоящее или прошлое. Но наблюдатель не имеет причинной связи ни со своим будущим, ни, тем более, с точками континуума, которые навсегда останутся отделены от него пространственно-подобными интервалами. Мультиверс реален для нас в той же степени, как будущее или как пространственно-отделенные точки континуума. Если мы хотим считать такие точки реальными, нет никаких оснований считать нереальным Мультиверс. Но, еще раз повторим, никакая логика не может заставить считать их реальными. Скорее, это вопрос психологического или философского выбора.

Однако возможен и иной поворот событий. Может быть обнаружена возможность реальной причинной (или, в каком-нибудь смысле, обобщенно-причинной) связи между разными «параллельными» вселенными. Например, в контексте классического Мультиверса хаотической инфляции и других подобных концепций за такую причинную связь могут отвечать различные топологические дефекты пространства-времени вроде «кротовых нор¹»; в контексте квантового эвереттовского Мультиверса рассматривается механизм связи между отдельными ветвями квантовой вселенной, связанный со свойствами (или, лучше сказать, с сущностью) сознания², но могут появиться и другие неожиданные идеи или возможности. Если это произойдет, что никак нельзя исключить, то аргумент, связанный с отсутствием причинной связи между параллельными вселенными, перестанет работать, и Мультиверс станет такой же реальностью, как и окружающие нас звезды.

¹ Торн К. С. Черные дыры и складки времени: Дерзкое наследие Эйнштейна. М., 2007. С. 488–503; Шацкий А. А., Новиков И. Д., Кардашев Н. С. 2008. Динамическая модель кротовой норы и модель Мультивселенной. УФН. Т. 178(5). С. 481–488.

² Менский М. Б. Человек и квантовый мир. Странности квантового мира и тайна сознания. Фрязино, 2007.

4. Вероятностная интерпретация антропного принципа и перспективы эволюции в нашей Вселенной и в Мультиверсе

Будем далее предполагать реальность Мультиверса в указанном выше смысле. При всем многообразии подходов к концепции Мультиверса¹, почти все они обладают одной общей особенностью. Получается, что отдельных локальных вселенных должно быть чрезвычайно много. Фактически – настолько много, что без большой ошибки можно считать, что их имеется актуально бесконечное количество. Это обстоятельство имеет важное следствие.

Можно ли на множестве локальных вселенных определить распределение вероятностей таких вселенных по их свойствам? Вопрос о возможности определения вероятностной меры на вселенных Мультиверса далеко не тривиален, так как такой мере, во всяком случае, невозможно придать ясного операционального смысла (в отличие от обычной вероятности, апеллирующей к понятию испытания, частоты и т. д.). Будем исходить из интуитивного представления о вероятности, предполагая, что оно может быть уточнено в рамках теории Мультиверса. Если существует нечто вроде непрерывного распределения вероятностей по различным типам вселенных в Мультиверсе (что разумно предполагать), и если хотя бы со сколь угодно малой вероятностью на какой-нибудь локальной вселенной может реализоваться некоторое интересное свойство, то оно обязательно будет реализовано где-то в Мультиверсе, причем много раз. Это следует из «актуальной бесконечности» числа вселенных в Мультиверсе, о чем мы упомянули

¹ Tegmark M. 2003. Параллельные вселенные // В мире науки. № 8. С. 23–33.

выше. Запомним этот важный вывод, сейчас нам придется им воспользоваться.

На пути от первичной плазмы Большого взрыва к разуму в нашей Вселенной мы имеем довольно длинную цепочку качественно различных ступеней эволюции материи. Априори ниоткуда не следует, что эта цепочка принципиально качественно ограничена тем состоянием дел, которое мы сейчас наблюдаем на планете Земля и в обозримых окрестностях. С чего бы? Более того, примерно так, как на некотором этапе химическая эволюция породила жизнь, а эволюция жизни породила разум, невозможно исключить, что на пути дальнейшего прогрессивного развития разум породит какие-то настолько продвинутые формы существования материи, которые и разумом-то назвать нельзя. Мы подробно писали об этом¹, поэтому здесь не будем останавливаться на деталях этой интересной темы. Важно, что если такие сценарии принципиально возможны, даже с исчезающе малой вероятностью, то они обязательно реализуются где-то в Мультиверсе. Вопрос, которого мы хотим коснуться здесь, состоит в следующем: что можно сказать о возможности реализации подобного сценария именно в нашей Вселенной?

При обсуждении этого вопроса мы сначала будем исходить из рассмотренного ниже индуктивного рассуждения, которое приведем не со всей необходимой детальностью, а, скорее, в виде некоторой возможной исследовательской программы. Для того, чтобы такую программу «довести до ума», требуется еще много работы.

Как уже упоминалось, для того, чтобы во Вселенной могли образоваться сложные формы материи, фундамен-

¹ Панов А. Д. Разум как промежуточное звено эволюции материи и программа SETI. Философские науки. № 9, 2003. С. 126–144; Панов А. Д. Универсальная эволюция и проблема поиска внеземного разума (SETI). М., 2008.

тальные физические постоянные должны иметь очень специальные значения. При этом, чем дальше может зайти эволюция в сторону усложнения материи, тем более точная настройка физических постоянных для этого требуется. Строго говоря, это утверждение требует детального количественного исследования, но в общих чертах оно представляется довольно ясным. Действительно, для того, чтобы могли образоваться составные частицы вроде протонов и нейтронов, не требуется тонкая настройка массы протона и нейтрона, необходимая для образования стабильных атомов водорода. Для того, чтобы могли образоваться стабильные атомы водорода, не требуется дополнительная тонкая настройка, благодаря которой ядро углерода-12 имеет возбужденное состояние с энергией 7,65 МэВ, позволяющее в звездах нарабатываться тяжелым химическим элементам. И так далее (детали, относящиеся к предбиологической, биологической и т. д. эволюции не совсем ясны, этот вопрос требует изучения). Таким образом, чем «хуже» настроены физические постоянные, тем раньше обрывается прогрессивная эволюция. Это более или менее понятно для относительно невысоких ступеней неорганической эволюции (см. примеры, приведенные выше). Наше *индуктивное предположение* состоит в том, что это также справедливо для сколь угодно высоких ступеней организации материи. Таким образом, чем выше уровень организации материи, который может быть достигнут в некоторой локальной вселенной, тем более специальными физическими условиями должна обладать такая вселенная, и тем меньше вероятность появления такой вселенной в Мультиверсе.

Теперь снова обратимся к факту «тонкой настройки» фундаментальных постоянных в нашей Вселенной. Естественно считать, что распределение вероятностей по типам локальных вселенных соответствует некоторому распределению вероятностей на множестве фундаментальных физических постоянных. Если предполагать, что разные на-

боры постоянных реализуются с близкими по порядку величины плотностями вероятности (что выглядит вполне разумно), то факт тонкой настройки означает, что наш набор постоянных принадлежит очень узкому специальному подмножеству пространства параметров (фундаментальных постоянных), которому соответствует очень маленькая вероятность реализации. Наше подмножество сильно выделено среди всего пространства параметров, поэтому нашу Вселенную можно рассматривать как редкую флуктуацию на фоне всех других вселенных. Трудно не заметить, что это отдаленно напоминает старую идею Людвиг Больцмана, согласно которой вся наша видимая Вселенная является гигантской статистической флуктуацией на фоне необозримого пространства, находящегося в состоянии тепловой смерти – термодинамического равновесия¹.

Аналогия эта, конечно, далеко не полная, но полезная. Продолжая эту аналогию, рассмотрим обыкновенную крупную статистическую флуктуацию, например – локальную флуктуацию плотности в сосуде с газом. Чем больше амплитуда флуктуации, тем реже такая флуктуация встречается, тем меньше ее вероятность. Если в некоторый момент времени мы обнаружили очень большую флуктуацию, то почти наверняка мы обнаружили эту флуктуацию вблизи максимума ее амплитуды, и в следующий момент времени флуктуация начнет убывать. Крайне маловероятно, что мы на самом деле застали еще большую флуктуацию на стадии роста. Скорее всего то, что мы обнаружили, близко к максимуму того, что данная флуктуация может достигнуть. Обратное также возможно, но крайне маловероятно.

Аналогичное рассуждение справедливо и в отношении нашей Вселенной. Поскольку наша Вселенная, как это не-

¹ Грин Б. Ткань космоса: Пространство, время и текстура реальности. М., 2009. С. 176.

посредственно наблюдается по степени тонкой настройки ее параметров, уже является редкой флуктуацией в Мультиверсе, трудно предполагать, что на самом деле она принадлежит множеству еще более редких флуктуаций, чем это непосредственно следует из наблюдений. На первый взгляд это означает, что та фаза эволюции материи, свидетелями которой мы являемся, близка к потолку, который может быть достигнут в нашей Вселенной. Это соответствует ожиданию, что если мы обнаружили очень крупную флуктуацию в сосуде с газом, то скорее всего мы застали ее в максимуме амплитуды.

Однако это рассуждение требует уточнений. Дело в том, что условия в нашей собственной Вселенной не являются постоянными. Например, очень существенно, что в нашей Вселенной со временем становится все больше тяжелых элементов, которые нарабатываются в ходе эволюции звезд. Так как рост количества тяжелых элементов благоприятствует образованию планет земного типа у звезд новых поколений, то и появление жизни и разума будет все более и более частым явлением. По этой причине средние расстояния между населенными планетами и разумными цивилизациями со временем будут уменьшаться, и им все проще и проще будет установить контакты. Взаимные контакты же – это как раз то, что может способствовать переходу эволюции к стадиям, которые в определенном смысле качественно превышают ту фазу организации материи, которая называется разумной жизнью. Мы детально обсуждали эти вопросы в книге¹ (см. также статью²). Поэтому вывод, сформулированный в предыдущем абзаце, следовало бы уточнить следующим образом. Та фаза эволюции

¹ Панов А. Д. Универсальная эволюция и проблема поиска внеземного разума (SETI). М., 2008.

² Панов А. Д. Разум как промежуточное звено эволюции материи и программа SETI. Философские науки. № 9, 2003. С. 126–144.

материи, свидетелями которой мы являемся, соответствует состоянию, которое может быть достигнуто в нашей Вселенной *в современную эпоху*¹, но этот уровень может быть существенно превзойден в отдаленном будущем (через сотни миллиардов лет), когда Вселенная станет богаче тяжелыми элементами и планетами Земного типа. Но тот максимум эволюции, который вообще может быть достигнут в нашей Вселенной когда-либо, за все время ее существования, с наибольшей вероятностью не является максимумом, который существует во всем Мультиверсе. Здесь работает прямая аналогия со статистической флуктуацией в сосуде с газом. Иными словами, возможно, мы живем не в самые лучшие для разума времена нашей Вселенной, а наша Вселенная, скорее всего, не является «лучшим из миров» в Мультиверсе.

Но наше предположение о том, что точность настройки констант определяет максимальный уровень, который может быть достигнут эволюцией, для сколь угодно высоких уровней эволюции, может быть и неверным. Альтернативой может быть следующее. Если в некоторой локальной вселенной достигается определенный пороговый уровень организации материи T_0 , то дальнейшая более тонкая настройка параметров вселенной становится несущественной. Возникает некоторая положительная обратная связь, которая позволяет «разуму» обойти все физические ограничения, связанные с конкретным набором параметров вселенной, и породить цепочку форм организации материи, которая достигает максимума, примерно одинакового во всем Мультиверсе, или вообще не имеющую никакого максимума.

¹ Стоит заметить, что мы, возможно, пока не вполне информированы о том, что действительно смогла достигнуть эволюция в нашей Вселенной в современную эпоху. Однако, всю принципиально доступную информацию об этом человечество сможет получить за исчезающе малое по космологическим масштабам время.

Верно ли индуктивное предположение о степени подстройки параметров и пределах эволюции, или верна его альтернатива, предполагающая существование порога T_0 и всепобеждающей положительной обратной связи? Может быть, работают какие-то промежуточные сценарии? Это неизвестно, но представляется, что все эти возможности задают некоторые рамки для обсуждения существования очень продвинутых эволюционных форм в нашей собственной Вселенной или в Мультиверсе.

Может показаться, что все эти рассуждения несколько оторваны от жизни — что-то уж слишком велики масштабы. Не витаем ли мы в облаках? На это еще раз заметим, что все, что хотя бы в принципе может реализоваться со сколь угодно малой вероятностью, обязательно должно актуально существовать где-то в бесконечном Мультиверсе. Поэтому вопрос о том, каких в принципе высот может достигнуть эволюция, не является праздным, так как речь идет, возможно (и даже скорее всего), об актуально существующих вещах. Статус их «актуального существования», как минимум, тот же, что и статус реальности самого Мультиверса. Если мы принимаем всерьез Мультиверс, то приходится иметь в виду и возможность фантастической высоты, которой где-нибудь в Мультиверсе может достигнуть эволюция. Это ставит неизбежный вопрос о возможной связи этих фантастических высот эволюции со структурой самого Мультиверса.