

УДК 524.852

Горшков В.К., Мансуров Г.Н.*(г. Москва)*

МУЛЬТИВСЕЛЕННАЯ И АНТРОПНЫЙ ПРИНЦИП

Аннотация. Статья посвящена концепции мультивселенной, которая приобретает особый интерес в связи с решением проблемы происхождения Вселенной. Объединение разных вселенных в единую мультивселенную ставит задачу определения общих свойств, составляющих основание для их объединения. Особый интерес представляет вопрос о существовании жизни, подобной нашей, в разных вселенных. В статье проанализирован антропный принцип, обладающий важным значением для установления свойств Вселенной на разных структурных уровнях, необходимых для возникновения жизни. На основании антропного принципа получено значение космологической постоянной нашей Вселенной как результат теоретических и экспериментальных работ.

Ключевые слова: мультивселенная, антропный принцип, лоскутная Вселенная, инфляционная космология, космологическая постоянная, дополнительные измерения.

V. Gorshkov, G. Mansurov*(Moscow)*

THE MULTIVERSE AND THE ANTHROPIC PRINCIPLE

Abstract. The concept of the multiverse is gaining popularity in the course of solving the problem of the origin of the Universe. The integration of different universes in a single multiverse sets a task of finding general grounds for their integration. The issue of existence of life similar to ours in different universes is now of great interest. The anthropic principle becomes vital for outlining the properties of the Universe at different structural levels required for the emergence of life. On the basis of the anthropic principle the value of a cosmological constant of our Universe was defined as a result of theoretical and experimental works.

Key words: the multiverse, the anthropic principle, patchwork universe, inflationary cosmology, cosmological constant, additional measurements.

Теория мультивселенной продолжает то направление в науке, которое было определено работами Коперника. Согласно его учению, наша Земля вовсе не занимает центральное место среди планет солнечной системы, Солнце не находится в центре галактики, а наша галактика – Млечный путь – не находится в центре всех галактик нашей Вселенной.

Было подорвано представление о центральном положении человека в системе мира. Идея о том, что наша Вселенная является одной из множества других вселенных, составляет смысл понятия мультивселенной. Концепция мультивселенной расширяет наш взгляд на мир, проведение экспериментальных наблюдений и математических вычислений неограниченно увеличивает возможность познания мира.

Конкретные вселенные, составляющие некоторую мультивселенную, могут сильно различаться, однако установление у них общих свойств будет доказательством единой теории возникновения мультивселенной.

Особый интерес представляет связь свойств разных вселенных с возможностью существования жизни, подобной нашей. Так же, как среди множества планет существует планета, населенная нами, потому что ее орбита обеспечивает благоприятные условия для жизни, так и среди множества вселенных с разными значениями физических констант существует Вселенная, в которой находимся мы, поскольку эти значения благоприятствуют нашему существованию. Концепция мультивселенной обеспечивает возможность произвести на основании антропного принципа отбор той вселенной, которая по своим характеристикам подходит для нашего существования. Применение антропного принципа определяется следующими тремя предположениями: (1) наша Вселенная – это часть мультивселенной; (2) в разных вселенных мультивселенной константы находятся в широком диапазоне возможных значений; (3) жизнь в известной нам форме невозможна при почти всех отклонениях от наблюдаемых значений констант. Этот вопрос был рассмотрен в работе Вайнберга по определению космологической постоянной [2].

МУЛЬТИВСЕЛЕННАЯ

Космология бесконечной вселенной даёт основание признать, что существуют области вполне конечной величины – это расстояние, которое прошел свет, испущенный объектом сразу после Большого взрыва до настоящего момента. Это расстояние называется космическим горизонтом, а все, что находится дальше, недоступно для нашего наблюдения. Точно так же свет, испущенный нами, ещё не достиг тех удаленных областей космоса, для которых и мы находимся за пределами их космического горизонта. Поскольку никакой сигнал не может распространяться быстрее света, то космический горизонт определяет доступное и недоступное нашему зору. Области вселенной, разделенные космическим горизонтом, существуют независимо друг от друга. Мож-

но представить пространство в виде лоскутного одеяла, каждый лоскут которого определяется космическим горизонтом. Разные лоскутки настолько далеки друг от друга, что всякое перекрестное взаимодействие между ними невозможно. Двумерное изображение волны может быть использовано и в трехмерном мире, трехмерные лоскутки будут иметь сферическую форму, каждый будет находиться за пределами сферы влияния каждого другого и поэтому будут представлять независимые миры.

Для бесконечного пространства число независимых лоскутков тоже бесконечно. Но в каждом лоскутке частицы вещества составляют конечное число и, следовательно, могут быть собраны лишь в конечное число разных конфигураций.

Лоскут космического одеяла – это сфера радиусом 41 млрд световых лет. Это число определяется тем, что, кроме разлета галактик, нужно учитывать еще и расширение самого пространства. Для любой области пространства данного размера существует предел того, какое количество материи и энергии может в нем уместиться. Стремление втиснуть в эту область энергии больше определенного предела приведет к схлопыванию, и возникнет черная дыра.

Заполняющая наш космический горизонт черная дыра будет иметь радиус $\sim 10^{28}$ см, что составляет 10^{61} планковских длин. Площадь поверхности черной дыры равна ее энтропии, в данном случае 10^{122} [10; 11]. Значит, число всех возможных состояний всех частиц в данной области пространства составляет $10^{10^{122}}$. Число огромное, но оно конечно! Значит, существует ограниченное количество компоновок частиц в каждом лоскуте. В бесконечно большой вселенной существует бесконечно много лоскутков, но с *конечным* набором разных компоновок в каждом. Эти компоновки будут повторяться бесконечное число раз в *бесконечной* вселенной и конечное число раз в *конечной* вселенной.

Вывод состоит в том, что если известные нам конфигурации частиц повторяются в другом лоскутке, то этот лоскуток будет *во всем похож на наш*. Физическая система полностью определяется тем, как скомпонованы частицы, ее образующие. Если вселенная простирается бесконечно, то мы не одиноки. В глубине космоса существует множество наших точных копий, ведущих и чувствующих себя точно так же, как и мы. Невозможно определить, какая из них – это действительно Я. Все копии физически и, следовательно, ментально тождественны.

В каждый момент времени в пространстве существует бесконечное множество отдельных миров, объединение которых образует лоскутную вселенную, где наша Вселенная – всего лишь одна из многих. В этой

бесконечной коллекции отдельных миров конфигурации частиц обязательно повторяются бесконечное число раз. Можно предположить, что пространство конечно. Однако в довольно маленькой конечной вселенной может не хватить места для размещения сколько-нибудь значительного количества разных лоскутков, не говоря уж о копиях нашей Вселенной. Поэтому конечность вселенной наиболее убедительным образом противоречит существованию лоскутной мультивселенной.

Множество отдельных миров представляют бесконечное объединение, которое принято называть лоскутной вселенной. Это значит, что реальность в любой заданной вселенной, включая нашу, воспроизводится в бесконечном множестве других вселенных лоскутной мультивселенной. Нравится нам это или нет, но таков логический результат существования нашего лоскутка, содержащего конечное число частиц, в бесконечном множестве ему подобных. Вопрос – в том как возникает бесконечное множество вселенных.

Прежняя картина происхождения Вселенной была построена на теории Большого взрыва, включавшей представление о гигантском количестве массы, разогретой до сверхвысоких температур. Это предполагалось как данность. Но возникла проблема взрыва. Дело в том, что Большой взрыв – это, прежде всего, не взрыв. Обоснование теории Большого взрыва дает инфляционная космология, основная идея которой – мощный выброс расширяющегося пространства, это и задает взрыв в теории Большого взрыва. Сила, вызывающая расширение области пространства – это отталкивающая гравитация, которая является источником постоянно увеличивающейся энергии в данной области. Существование отрицательной гравитации было получено Эйнштейном в результате решения проблемы стационарной вселенной. Предложенное им умеренное и равномерное расширение не пригодно для объяснения гигантской волны гравитационного отталкивания в инфляционной теории [1]. Поле, вызывающее инфляционное расширение, называется полем инфлатона. Все более расширяющийся объем, в свою очередь, заполняется полем инфлатона. Чем больше заполняемый объем, тем больше энергии он содержит. Создается устойчивый энергетический поток от гравитационного поля к полю инфлатона.

При инфляции огромное количество материи может возникнуть из очень скромных зернышек. В инфляционном процессе вселенная образуется, когда поле инфлатона скатывается вниз по кривой потенциальной энергии, образуются пузырьки, в которые выплескивается феноменальная волна энергии. При соскальзывании инфлатона в минимум, содержащаяся в нем энергия трансформируется в газ частиц,

равномерно заполняющий некоторый пузырек – нашу Вселенную. Именно так образуется материя, наблюдаемая в нашей Вселенной. Источник энергии инфлатона инфляционная космология определяет как энергетический поток от гравитационного поля к полю инфлатона. Возникает вопрос: откуда сама гравитация берет энергию?

Поле инфлатона определяет энергию в объеме – чем больше объем, тем больше энергия в нем. Сила, вызывающая расширение – это отталкивающая гравитация, значит, гравитация является источником постоянно увеличивающейся энергии в данной области пространства. Ответ: гравитация отличается от других сил тем, что где гравитация – там фактически неисчерпаемый резервуар энергии. А гравитирует все!

Процесс возникновения бесконечного множества вселенных наиболее убедительно объясняется инфляционной теорией. Существуют разные варианты инфляционной теории, однако общим для них является взрывоподобный процесс расширения пространства, сопровождающийся рождением частиц. Причём этот процесс не является единомоментным и может повторяться на бесконечных просторах космоса. Это хорошо объясняет теория вечной хаотической инфляции, разработанная Андреем Линде на основе самовоспроизводства вселенной [8].

Теоретической основой инфляционной космологии является понятие поля инфлатона. Это поле, заполняющее пространство, создает гравитационное отталкивание, которое действует очень короткий промежуток времени $\sim 10^{-35}$ с. За это время пространство расширяется в колоссальное число раз (возможно, в 10^{30} раз) [6]. Высвобождающаяся энергия поля инфлатона конденсируется в однородную среду частиц, заполняющих огромное пространство и представляющих собой сырье для будущих звезд и галактик. Инфляционная космология дает представление о реальном пространстве, подобном гигантскому куску швейцарского сыра, в котором дырки соответствуют областям с малой величиной поля инфлатона; в остальных областях величина поля инфлатона – велика. Дырки – это области, подобные нашей Вселенной, прошедшие стадию сверхбыстрого расширения. В тоже время области без дырок продолжают испытывать инфляционное расширение, вызываемое большим значением поля инфлатона [5]. Оба процесса совместно приводят к расширению «куска сыра» и возникновению все новых дырок, из которых вырастают дочерние вселенные.

Инфляция связана с хаотическим процессом возникновения пузырьков, которые приводят к образованию дочерних вселенных. Это обеспечивает свойство самовоспроизводства мультивселенной. Инфляция по своей природе является процессом, который никогда не оста-

навливается, она порождает и порождает пузырьки-вселенные, в одном из которых мы живем [3]. С точки зрения вечной инфляции, пузырьки-вселенные для находящихся внутри них наблюдателей являются пространственно бесконечными. Возникающие в процессе инфляции пузырьки-вселенные порождают лоскутные вселенные. Существование лоскутной мультивселенной определяется бесконечностью пространства. Однако установлено, что каждый пузырек, возникающий в процессе инфляции, имеет конечный пространственный размер, если смотреть снаружи, и бесконечный размер, если смотреть изнутри [5]. Значит, реальность инфляционной мультивселенной обеспечивает население пузырька – нас с вами, живущих в инфляционной вселенной, также и лоскутной мультивселенной. Таким образом, согласно современной космологической теории мы населяем лишь одну из обширных инфляционных систем параллельных вселенных, в каждой из которых скрыто свое многообразие параллельных лоскутных вселенных.

Возникновение инфляционной вселенной поставило задачу рассмотреть объекты и очень большой массы, и очень малых размеров. Такая физическая система, для которой существенную роль играют и гравитация, и квантовая механика. Задача объединения гравитации и квантовой механики существовала с момента создания общей теории относительности и квантовой механики. Она была решена в середине 1980-х гг. в результате создания теории струн [4]. Основная идея этой теории состояла в том, чтобы вместо точечной модели элементарных частиц, фундаментальных объектов квантовой теории поля, рассматривать струноподобные вибрирующие нити. Согласно теории струн частицы разного типа являются струнами, которые не различимы, но вибрируют по-разному. Чем больше масса частицы, тем больше энергия вибрации. Разные свойства частиц объясняются разными вибрациями в теории струн, подобно тому, как разные вибрации гитарных струн порождают звучание разных музыкальных нот. Разные вибрации струн – это и есть сами частицы.

Особенность теории струн стоит в том, что частицы определяются самой теорией, т.е. разные типы частиц соответствуют разным колебаниям струны. Стандартная модель, которую представляет квантовая теория поля, позволяет производить описание частиц, наблюдавшихся ранее экспериментально или же полученных гипотетически в результате теоретических расчетов. Теория струн путем задания вибрационного поведения всех возможных типов способна объяснить *все свойства всех частиц*.

Теория струн строится не последовательными приближениями к полному описанию природы, а предлагает *полное описание с самого нача-*

ла. В теории струн была получена гипотетическая частица, являющаяся квантом гравитационного поля, получившая название *гравитон*. Этот результат особой важности означает, что теория струн является давно искомой квантовой теорией гравитации. Замена точки пространственно протяженным объектом (струной) разрешила противоречия между общей теорией относительности и квантовой механикой.

Другим замечательным результатом теории струн было обнаружение, что число измерений нашего пространства равно девяти. Теория струн настойчиво приводила к такому выводу, в противном случае она переставала работать. Уравнения теории струн определяют ограничения на геометрию дополнительных измерений, согласно которым они должны принадлежать к некоторому классу так называемых пространств Калаби-Яу. Одной из самых замечательных особенностей теории струн является то, что свойства частиц определяются размером и формой дополнительных измерений. Поскольку струны имеют размер очень малый, соизмеримый с планковской длиной (10^{-33} см), то они вибрируют не только в трех обычных измерениях, но и в малых дополнительных измерениях. Поскольку вибрационное поведение струн определяет свойства частиц, такие, как масса и электрический заряд, то значит, эти свойства жестко связаны с геометрией дополнительных измерений.

Колебания струн в дополнительных измерениях определяются формой скрученных измерений, подобно тому, как поток воздуха в духовом инструменте определяет звук в зависимости от геометрической формы инструмента. Трудность в определении свойств частиц, порожденных колебанием струн, состоит в том, что точная геометрическая форма дополнительных измерений остается нерешенной задачей. Дело в том, что в 1980-х гг. рассматривалось незначительное число пространств Калаби-Яу, тогда как через несколько лет оно возросло до нескольких тысяч. Огромное разнообразие форм дополнительных измерений может приводить к множеству вселенных, составляющих струнную мультивселенную [5].

Для пространств Калаби-Яу было установлено, что они содержат много пустых полостей. Достижения теории струн дали основание предположить, что пустые полости могут заполняться потоками определенных полей. Величина потока характеризуется числом силовых линий, которое составляет целочисленный пучок. Если пространство Калаби-Яу содержит одну полость, а поток состоит из десяти линий, то существует десять разных способов обмотать его, что приведет к десяти новым пространствам дополнительных измерений. Если существует две

полости, то число способов $10 \times 10 = 100$; если пустые полости – имеем 10^3 степени способов одеть поток на пространство и т.д. Было установлено, что некоторые пространства Калаби-Яу имеют порядка пятисот пустых полостей. Получается, что число различных форм пространств дополнительных измерений будет *порядка* 10^{500} .

В начале создания теории струн было распространено мнение, что недалеко время, когда можно будет рассчитывать свойства элементарных частиц. Но с установлением огромного числа дополнительных измерений такая возможность стала призрачной. Задача построения теории для расчета характеристик элементарных частиц по-прежнему остается важнейшей в теории струн, в качестве основного ориентира. Но нельзя требовать от теории получать такие числа, как масса электрона или космологическая постоянная. Получение таких чисел – за пределами возможностей самых мощных компьютеров.

Новый подход предлагает концепция мультивселенной. Нужно выделить те физические свойства, которые меняются от одной вселенной к другой и для которых мультивселенная позволяет осуществлять точный контроль. Космологическая постоянная – это пример такого подхода.

Все возможные формы пространств дополнительных измерений, возникающие в математическом аппарате теории струн – реальные свойства частиц. Это значит, что каждая из форм задает дополнительные измерения в своей отдельной вселенной. Тогда такой результат даст основание для решения самого трудного вопроса – космологической постоянной. Необходимым становится учет антропного принципа.

Из теории струн следовало с необходимостью существование девяти дополнительных измерений и возникала задача установления связи свойств частиц с дополнительными измерениями. Переход от девяти к 10^{500} разных свойств дополнительных измерений выводит решение задачи на новый качественный уровень. Рассмотрение теории струн как «теории всего» требует принципиальных изменений в решение вопроса о природе вселенной.

Существование 10^{500} разных форм дополнительных измерений делает задачу создания единой теории вселенной, которая ставилась создателями теории струн, и в свое время Эйнштейном, невыполнимой. Однако объединение инфляционной космологии с теорией струн обеспечивает через процесс вечной инфляции реализацию всех возможностей дополнительных измерений в масштабе мультивселенной. Вероятностное описание уступает место детерминизму. Мультивселенная должна давать обоснование для характеристик всех вселенных, из которых она состоит.

АНТРОПНЫЙ ПРИНЦИП

Общая формулировка антропного принципа подчеркивает как основную мысль о том, что в соответствии с ним мы находимся именно в той вселенной, какую мы видим, так как только в такой вселенной могла возникнуть такая жизнь, какую мы знаем.

Существуют две разновидности антропного принципа – слабый и сильный. *Слабый антропный принцип* просто говорит, что *если* вселенная состоит из частей (галактик, планетных систем) с разными свойствами, то мы будем жить там, где наша жизнь возможна. Вопрос в том, существуют ли в данной вселенной такие области.

Сильный антропный принцип утверждает, что *должна* существовать вселенная, в которой возможно наше существование среди множества других вселенных. Эта проблема была разрешена после создания инфляционной космологии. Была разработана теория хаотической инфляции [8], из которой стало ясно, что принципы инфляции достаточно просты и дают основание для решения вопроса об образовании мультивселенной. Было установлено, что при определенных условиях (вполне реалистичных), существует стадия экспоненциально быстрого расширения, которая и называется *инфляцией*. Длительность ее достаточно мала (10^{-35} с), но за это время вселенная расширяется до огромных размеров ($l \sim 10^{10-12}$ см), даже если начальный размер был очень мал, порядка планковской длины $l_p \sim 10^{-33}$ см. Это приводит к тому, что вселенная становится практически плоской и однородной, так как все неоднородности растягиваются в 10^{10-12} раз. Вселенная после инфляции оказывается на много порядков больше той части вселенной, которую мы видим ($l \sim 10^{28}$ см).

Изначально вселенная состоит из многих областей со случайным образом распределенным полем. В тех областях, где поле мало, инфляция никогда не начинается и они не вносят вклад в объем вселенной. Основную роль в образовании вселенной играют области с большим значением поля; инфляция таких областей образует в первичном хаосе огромные острова, возникающие в результате экспоненциально быстрого раздувания. Размер каждого такого острова во много раз превышает размер наблюдаемой части нашей Вселенной. Разные части вселенной могли возникать в разные моменты времени и потом разрастаться до размеров, превышающих во много раз размер вселенной. Это значит, нельзя говорить о моменте рождения вселенной, до которого ее не существовало. Это справедливо для всех вариантов *теории хаотической инфляции*, тем более с учетом процесса самовоспроизведения.

Эффект самовоспроизводства вселенной связан с квантовыми флуктуациями, которые могут быть достаточно велики и приводить к локальному увеличению плотности потенциальной энергии в некоторой области, которая и переходит к инфляционному расширению. Процесс самовоспроизводства вселенной в случае хаотической инфляции означает, что вселенная входит в режим вечного самовоспроизводства или в *вечную инфляцию*.

Сценарий вечной инфляции может осуществиться для скалярного поля (инфлатона), если космологическая постоянная имитируется достаточно плоским потенциалом второго скалярного поля. Плотность энергии поля, постоянная на данный момент, будет существенно меняться в процессе инфляции. При условиях вечной инфляции квантовые флуктуации приведут к разделению вселенной на бесконечное число экспоненциально больших частей со всевозможными значениями поля. Это значит, что исходная вселенная разделяется на бесконечное число вселенных со всевозможными значениями эффективной космологической постоянной и разными физическими константами, что и составляет смысл мультивселенной. Применение антропного принципа позволяет решить проблему существования вселенной, пригодной для нашего существования.

Разные области вселенной могут иметь разную размерность и всевозможные значения гравитационной постоянной. Инфляция может разделить вселенную на экспоненциально большие области с галактиками, имеющими существенно различные свойства и самые разнообразные наборы параметров частиц. Все это дает основание искать антропное решение, прежде всего, проблемы космологической постоянной.

Поскольку вселенная оказывается разделенной на бесконечное множество экспоненциально больших областей с различными законами физики, то каждая из этих областей настолько велика, что может рассматриваться как отдельная вселенная: существа, ее населяющие, будут жить экспоненциально далеко от ее границ, и поэтому никогда ничего не узнают о существовании других вселенных с другими свойствами. Мы живем в четырехмерной вселенной с учетом времени не потому, что области другой размерности с другими законами невозможны, а просто потому, что жизнь типа нашей в них невозможна. Отсюда следует простое доказательство *слабого антропного принципа*. Не требуется никакая сверхприродная причина, создающая нашу вселенную со специально подобранными для нашего существования параметрами.

Инфляционная вселенная сама по себе без всякого внешнего вмешательства создает возможность решения этого вопроса, рождая экс-

поненциально большие области с разными законами физики. В работе А. Линде [8] дано математическое обоснование существования мульти-вселенной, содержащей *все вселенные со всеми возможными* законами физики, а это значит, что мы обязательно найдем среди них ту, в которой мы сможем жить. А это именно то, что требуется для доказательства *сильного антропного принципа*.

Математически понятие мультимира возникает из выражения для бесконечной суммы частей, не взаимодействующих друг с другом. Основу существования мультимира составляет механизм разделения вселенной на различные части вследствие эффекта самовоспроизводства инфляционных областей. Благодаря квантовым флуктуациям происходит рождение новых инфляционных областей, их быстрое расширение и обеспечивает эффект самовоспроизводства вселенной. Этот вечный и бесконечный процесс определяют квантовые флуктуации. Теория инфляции основывается на том, что понятие пространства-времени так же фундаментально, как и понятие материи. Пространство может существовать и изменяться со временем и в отсутствии материи (электронов, протонов, излучения). В современной науке материальные поля и пространство-время объединяются в едином понятии «суперполе». Объединенная теория всех взаимодействий включает и гравитацию, переносчиком ее является гравитон, существование которого было доказано в теории струн. Представление о суперполе дает основание о понятии инфлатона, скатывание которого из возбужденного состояния приводит к инфляционному взрыву.

Понятие абсолютного пространства Ньютона напоминает субстанцию, объединяющую все виды взаимодействий. Пространство (в общем случае пространство–время) есть реальная сущность, относительно которой может определяться ускорение, что демонстрирует известный опыт с «ведром».

Полный набор вселенных, образующих мультивселенную, гарантирует существование вселенной с тем или иным заданным свойством. Мультимир дает твердую формальную основу для дальнейшего применения сильного антропного принципа [9]. С математической точки зрения сильный антропный принцип можно рассматривать как *необходимое и достаточное условие* возникновения в системе мультивселенной такой вселенной, свойства которой пригодны для возникновения жизни в той или иной форме. Слабый антропный принцип можно рассматривать как *необходимое условие* существования жизни в данной вселенной. Вопрос *достаточности* остается открытым, поскольку задачу определения жизни нельзя считать решенной.

Теория струн привела к выводу о существовании дополнительных измерений, которые определяются пространствами Калаби-Яу. Эти пространства могут обладать дополнительными свойствами и приводить к созданию гигантского набора модифицированных пространств дополнительных измерений. Число различных форм пространств дополнительных измерений оказалось огромным ($\sim 10^{500}$). Проблема использования пространства дополнительных измерений, определяющих свойства элементарных частиц, стала неразрешимой. Однако была высказана более оптимистичная идея о том, что все возможные формы дополнительных измерений, возникающие в математике, реальны. Каждая из них существует в своей отдельной вселенной. Задача определения вселенной, в которой возможно возникновение жизни, происходит из понятия мультивселенной (мультимира), существование которой основывается на вечной инфляции, а образующие ее вселенные состоят из частиц, задание которых дает теория струн.

Идеи о том, как может возникнуть данная мультивселенная с тем или иным распределением составляющих ее вселенных, основаны на вечной хаотической инфляции и теории струн. «...Если объединить инфляционную космологию с теорией струн, то процесс вечной инфляции орошает 10^{500} возможных форм дополнительных измерений, возникающих в теории струн, привитых на пузырьки-вселенные, что дает способ реализации всех возможностей» [7]. Согласно этой логике, мы живем в пузырьке с такими дополнительными измерениями, такой космологической постоянной, такими физическими константами, физическими законами и всем остальным, которые определяют условия существования нашей формы жизни и согласуются с результатами наших наблюдений.

Форма дополнительных измерений определяет физические свойства внутри конкретного пузырька-вселенной. Распределение энергии поля инфлатона в пространстве представляет множество максимумов и минимумов различной величины, этот горный рельеф называется струнным ландшафтом. Многообразие гор и долин в этом ландшафте обеспечивает реализацию 10^{500} различных форм дополнительных измерений. Непрерывающиеся квантовые туннелирования сквозь струнный ландшафт реализуют каждую возможную форму дополнительных измерений в том или ином пузырьке-вселенной. В этом суть ландшафтной мультивселенной.

В работе Л. Сасскинда [12] показано, что понятие струнного ландшафта даёт основание для применения антропного принципа. Струнный ландшафт обладает необъятным количеством вершин и долин,

характеризующих распределение поля инфлатона (поля, вызывающего инфляцию), поэтому решение этой задачи оказывается невероятно трудным. Для продвижения в этом направлении *требуется учет* эффекта отбора, а именно *антропного принципа*. Если есть некий вариант мультивселенной, из которого гарантировано существование единственной вселенной с благоприятными условиями для возникновения жизни, то возможно вывести математически свойства такой вселенной. Если полученные свойства согласуются с нашими, то это станет впечатляющим подтверждением антропного подхода. Решение этой задачи было рассмотрено Вайнбергом в связи с определением космологической постоянной [2]. Он предложил вместо существования жизни рассматривать образование галактик, что создает условия возникновения планетных систем, а значит, и вероятность возникновения жизни приобретает некоторую реальность.

Полученные в последние десятилетия экспериментальные данные показали ускоренное расширение нашей Вселенной. Убедительное объяснение этого явления состоит в том, что космологическая постоянная отлична от нуля, это доказывает существование темной энергии, заполняющей пространство и определяющей антигравитацию. Энергия, присущая квантовым флуктуациям, пронизывает все пространство и является тем микроскопическим механизмом, который порождает космологическую постоянную. Однако в течение многих лет существовало мнение, основанное на теории суперсимметрии, из которой следовало, что космологическая постоянная должна была равняться нулю.

Вайнберг предложил альтернативный теоретический подход, согласно которому космологическая постоянная *мала, но не равна нулю!* В своих вычислениях Вайнберг исходил из идеи, которая делит физиков на два лагеря – одни ее почитают и считают глубокой, другие – отвергают и считают глупостью. Идея эта имеет официальное название – *антропный принцип*.

Из модели строения солнечной системы Коперника следовало, что человечество вовсе не находится в центре Вселенной, более того, мы живем не в центре Солнечной системы и не в центре Галактики. Казалось бы, людям не отводится какая-то особая роль в мире. Однако почти через пятьсот лет после работы Коперника на юбилейной конференции в Кракове австралийским физиком Картером была выказана мысль, что есть область, в которой мы действительно играем особую роль – это сфера наших собственных наблюдений. Место и время, где мы *можем* жить, определяют исключительность нашего положения и это оказывает огромное влияние на то, что мы можем видеть. Если бы

мы могли изменить расстояние от Земли до Солнца, то вращение нашей планеты с точки зрения законов физики мало в чем изменилось бы. Однако изменение расстояния изменило бы температурный режим, обеспечивающий нашу жизнь, и нас не стало бы. Сам факт, что *мы измеряем* расстояние, определяет, что полученный результат должен попасть в диапазон значений, совместимых с самим нашим существованием. В масштабе космоса нет ничего удивительного в том, что среди всех планет во всех солнечных системах во всех галактиках есть, по крайней мере одна, с климатом, благоприятствующим нашей форме жизни. Мы живем на такой планете, а на других жить не сможем. Эту особенность природы можно назвать *космологической антропностью*. Можно предположить, что антропный принцип может быть распространен не только на отдельные объекты в нашей Вселенной, как-то планетные системы, но и на всю мультивселенную.

Если мы намерены объяснить значения фундаментальных констант в нашей Вселенной, в том числе и величину космологической постоянной, равной $1,38 \cdot 10^{-123}$ планковских единиц, то эта задача окажется неразрешимой просто потому, что фундаментального объяснения не существует. Дело в том, что подобно существованию множества планет с разными условиями, среди которых есть планета, на которой живем мы, потому что ее орбита обеспечивает благоприятные условия для жизни, существует много вселенных с разными значениями констант, но мы находимся во Вселенной, в которой эти значения определяют подходящие условия нашего существования. Нет никакого закона, определяющего их значения, они могут варьироваться и действительно варьируются от вселенной к вселенной, образующих мультивселенную.

Наше существование определяется тем, что мы находимся в той части мультивселенной, в которой значения констант таковы просто потому, что мы не можем существовать в частях мультивселенной с другими значениями констант. Убедительное объяснение значений фундаментальных констант в природе требует огромного выбора вселенных с разными значениями констант. Только тогда – в рамках концепции мультивселенной – антропный принцип проявляет свою сущность как принцип отбора. Готовность принять антропный принцип зависит от того, насколько мы сильно верим в следующие три существенные предположения:

1. наша Вселенная – это часть мультивселенной;
2. в разных вселенных мультивселенной константы находятся в широком диапазоне возможных значений;
3. жизнь в известной нам форме невозможна при почти всех откло-

нениях от наблюдаемых значений констант. Даже небольшие отклонения от настоящих значений большинства фундаментальных констант в природе сделают жизнь невозможной.

Стивен Вайнберг поставил вопрос – зависит ли существование жизни от значения космологической постоянной? Исходя из того, что без галактик образование звезд и планет будет весьма сомнительным, то возникновение жизни не будет иметь никакого шанса. Поэтому акцент был перенесен на то, как разные значения космологической постоянной влияют на процесс образования галактик. В общих чертах процесс напоминает образование снежного кома в астрономических масштабах. Возникший сгусток вещества в силу своей повышенной плотности оказывает большое гравитационное притяжение на находящуюся поблизости материю, в результате чего ком увеличивается. Этот процесс нарастает, в результате образуется разогретая масса пыли и газа, из которой образуются звезды и планеты. Если космологическая постоянная будет иметь достаточно большое значение, то порождаемое космологической постоянной гравитационное отталкивание может оказаться настолько сильным, что составляющее ком вещество разлетится на начальной стадии его образования и процесс зарождения галактик будет прерван в самом начале.

Был рассмотрен также случай отрицательной космологической постоянной. Возникающее при этом гравитационное взаимодействие будет расти и заставит всю Вселенную схлопнуться до того, как образуются звезды.

Если теперь представить, что мы находимся в мультивселенной, в которой значения космологической постоянной изменяются в широком диапазоне от вселенной к вселенной так же, как меняются расстояния от планет до их звезд, от одной солнечной системы до другой, то только вселенные, в которых возможны галактики и, следовательно, мы можем жить, – это те вселенные, где космологическая постоянная не превышает предел Вайнберга, составляющий $\sim 10^{-121}$ планковских единиц.

Космологическая постоянная определяется средней плотностью энергии во вселенной. Для нашей Вселенной данные, полученные в результате наблюдения сверхновых, приводят к значению космологической постоянной менее 10^{-29} г/см³; в результате пересчета в планковских единицах дает значение $1,38 \cdot 10^{-123}$ планковская масса/кубический планковский объем [5].

Именно значение космологической постоянной, отличное от нуля, дает на сегодняшний день наиболее убедительное обоснование наблюдаемого *ускоренного расширения* нашей Вселенной. В полученном зна-

чении Вайнберг видел тот смысл, что мы находимся во вселенной, в которой космологическая постоянная мала настолько, насколько необходимо, чтобы мы могли существовать, но не настолько меньше, чтобы наше существование стало невозможным.

Вайнберг предполагал, что однажды, с помощью более точных измерений, будет установлено, что космологическая постоянная не равна нулю, а имеет значение, близкое с вычисленным им пределом. И действительно, спустя десять лет после работы Вайнберга экспериментальные наблюдения подтвердили это пророческое предсказание. Для объяснения своего подхода Вайнберг полагал, что в мультивселенной должно быть так много вселенных, что среди них обязательно должна существовать (найтись), по крайней мере, одна вселенная с наблюдаемым значением космологической постоянной. Ситуация напоминает обувной магазин, в котором есть все размеры, так что покупатель всегда найдет свой. Предположим, что так же и в мультивселенной все вселенные обладают разными космологическими константами со значениями между нулем и единицей (в обычных планковских единицах). Тогда число различных значений космологической постоянной с интервалом 10^{-124} в диапазоне между 0 и 1 будет равно 10^{124} . Подобно тому, как в 1 метре будет 10^3 отметок с интервалом 10^{-3} метра. Поскольку возможны повторения – вселенные с одинаковыми значениями космологической постоянной, то для того, чтобы каждое значение космологической постоянной было реализовано наверняка, нужно, чтобы мультивселенная содержала гораздо больше вселенных, чем 10^{124} .

Вывод: подход Вайнберга для объяснения значения космологической постоянной требует, чтобы мультивселенная, в которой находимся мы со своей Вселенной, состояла из огромного числа различных вселенных, а их космологические константы должны принимать $\sim 10^{124}$ различных значений. Только при выполнении этого условия можно утверждать, что среди такого гигантского количества вселенных найдется одна с нашим значением космологической постоянной. Вопрос в том, есть ли теория, которая приводит к такому изобилию вселенных с разными космологическими константами?

Да, есть. Это теория струн, которая дает определение дополнительных измерений с учетом всевозможных пронизывающих их потоков и приводит к возникновению различных форм, общее число которых равно $\sim 10^{500}$. Это намного больше, чем 10^{124} , даже с учетом возможных повторений.

Потоки внутри пространств Калаби-Яу обладают энергией, величина которой зависит от геометрии данного пространства. Два разных

пространства Калаби-Яу с разными потоками, проходящими сквозь разные дырки, будут иметь разные энергии. Поскольку каждое пространство Калаби-Яу прикреплено к одной из точек трех обычных измерений пространства, то энергия в данном пространстве будет равномерно заполнять три больших измерения. Таким образом, какое бы из 10^{500} пространств Калаби-Яу не определяло геометрию дополнительных измерений, энергия, которой оно обладает, дает вклад в космологическую постоянную.

Расчеты показали, что различные космологические постоянные, к которым приводят $\sim 10^{500}$ различных возможных пространств дополнительных измерений, *равномерно распределены по широкому диапазону значений*. Среди 10^{500} отметок космологических постоянных, распределенных в диапазоне от 0 до 1, найдется много со значениями, лежащими совсем рядом с теми, которые астрономы измеряют последний десяток лет.

Совместное действие инфляционной космологии с теорией струн означает, что процесс вечной инфляции обеспечивает все 10^{500} возможных форм дополнительных измерений пузырьками-вселенными, в которых реализуются все возможные физические свойства.

Конечно, набор из 10^{500} разных форм дополнительных измерений далек от той единственной вселенной, о которой мечтали физики, создатели теории струн. Однако анализ вопроса о космологической постоянной представляет ситуацию совсем в ином виде. Вместо того чтобы огорчаться, что, по всей видимости, единственность вселенной не получается, нам следует радоваться, ибо требование малости космологической постоянной приводит к существованию огромного числа разных вселенных, значительно превышающего 10^{124} . Такую возможность обеспечивает теория струн, логическим результатом которой является существование 10^{500} различных форм дополнительных измерений. Теория мультивселенной позволяет выделить те свойства, которые меняются от одной вселенной к другой. Наша Вселенная представляет стандарт для осуществления отбора. Вместо одной вселенной получили вечную и бесконечную мультивселенную, существование которой дает новый подход к решению вопроса о происхождении нашей Вселенной.

Литература:

1. Альберт Эйнштейн и теория гравитации: Сборник статей / Под ред. Е. Куранского. – М., Мир, 1979. – С. 146–196.
2. *Вайнберг С.* «Проблема космологической постоянной» (Лекции имени Мориса Леба по физике в Гарвардском университете 2, 3, 5 и 10 мая 1988 года) // Успехи физических наук. – 1989. – Т. 158. – Вып. 4. – С. 639–678.

3. Горшков В.К., Мансуров Г.Н. Теория инфляции. Стрела времени // Электронный журнал «Вестник Московского государственного областного университета» [Сайт]. – М.: МГОУ, 2012 – № 1. – URL: http://vestnik-mgou.ru/vipuski/2012_1/stati/himiya/gorshkov.html
4. Горшков В.К., Мансуров Г.Н. Человек и реальность в современной науке // Электронный журнал «Вестник Московского государственного областного университета» [Сайт]. – М.: МГОУ, 2012 – № 3. – URL: http://vestnik-mgou.ru/vipuski/2012_1/stati/himiya/gorshkov.
5. Грин Б. Скрытая реальность. Параллельные миры и глубинные законы космоса. – М.: Книжный дом «Либроком», 2012. – 400 с.
6. Грин Б. Ткань космоса: пространство, время и текстура реальности. – М.: Книжный дом «Либроком», 2009. – 601 с.
7. Грин Б. Элегантная вселенная. Суперструны, скрытые размерности и поиски окончательной теории. – М.: Едиториал УРСС, 2004. – 288 с.
8. Линде А. Инфляция, квантовая космология и антропный принцип. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.astronet.ru/db/msg/1181211> (дата обращения: 05.06.2012).
9. Линде А. Многоликая Вселенная [Электронный ресурс] / Всероссийский проект «Открытые публичные лекции» // <http://elementy.ru>: [сайт]. URL: <http://elementy.ru/lib/430484> (дата обращения: 20.06.2012).
10. Bekenstein Jacob D. Black holes and entropy // Physical Review D 7 (8). – 1973. – P. 2333–2346.
11. Hawking S.W. Particle Creation by Black Holes // Commun. Math. Phys. – 1975. – V 43. – № 3. – P. 199–220.
12. Susskind L. The anthropic landscape of string theory [Электронный ресурс]. – URL: arXiv: hep-th/0302219v1 27.02/2003 (дата обращения: 13.05.13.).