

С.В. Власова

## Эволюция методов обоснования теоретического знания

S.V. Vlasova

### Evolution of methods of theoretical knowledge justification

**Аннотация.** В работе анализируется ситуация, возникшая в физической науке в связи с использованием антропного принципа как одного из способов познания реальности, и негативная оценка такого подхода рядом ученых. Рассмотрена проблема, связанная с расчетом космологической постоянной, необходимость решения которой привела ученых к использованию антропного принципа. Показано, что новые подходы, используемые физиками, не противоречат принципам науки, сформировавшимся на протяжении двух с половиной тысячелетий ее эволюции. Сформулирован критерий принятия теорий, связанный с включением в теоретическую схему ненаблюдаемых объектов, а также даны пояснения, касающиеся правомерности использования антропного принципа как инструмента научного поиска.

**Abstract.** The paper analyzes the situation arisen in the physical science due to the anthropic principle used as a method of studying the reality and negative evaluation of this approach by some scientists. The problem of the cosmological constant calculation which forced scientists to use the anthropic principle has been considered in the paper. It has been shown that the new methods used by physicists do not contradict the principles of science formed during two and a half millennia of its development. The criterion of acceptance of the theory associated with the inclusion of unobservable objects into theoretical scheme has been formulated; explanations regarding the legality of using the anthropic principle as a tool for scientific research have been given.

**Ключевые слова:** наука, научное знание, теоретическое знание, критерии принятия теорий, антропный принцип  
**Key words:** science, scientific knowledge, theoretical knowledge, criteria for acceptance of the theory, anthropic principle

#### 1. Введение

Основной целью науки можно считать постижение реальности на основе научных знаний. Научное знание является специфическим видом знания и должно подчиняться определенным требованиям. В.С. Степин в концепции смены типов научной рациональности называет эти требования "идеалами и нормами исследования" и полагает, что они являются, наряду с философскими основаниями науки и научными картинами мира, важнейшими компонентами оснований науки (Степин, 1998).

Идеалы и нормы исследования эволюционировали на протяжении всего периода развития науки и продолжают изменяться в настоящее время. Л. Лаудан по этому поводу отмечает: "Наука открывает перед нами замечательное зрелище области знания, в которой более старые точки зрения на многие центральные вопросы быстро и часто заменяются новыми и в которой, тем не менее, большинство членов научного сообщества успевает... принять ту точку зрения, которую оно, вероятно, десятилетием раньше не стало бы даже обсуждать. Более того, изменения происходят на различных уровнях. Изменяются центральные проблемы дисциплины, происходит сдвиг в базисных объясняющих гипотезах, и даже правила научного поиска медленно, но меняются" (Лаудан, 1996).

В настоящее время в науке в связи с разработкой теоретических моделей Вселенной (например, инфляционной или квантовой мультивселенной) возникает необходимость построения таких теоретических моделей, которые, по мнению некоторых физиков, не в полной мере удовлетворяют общепринятым нормам исследования. Звучат негативные высказывания в адрес ученых, ведущих подобного рода разработки; утверждается, что теоретические изыскания, которыми они занимаются, выходят за рамки науки и не являются научным поиском. Б. Грин, который четверть века занимается теорией струн, пишет о том, что ему никогда ранее не приходилось встречать "такого накала эмоций и резкости высказываемых мнений, как при обсуждении струнного ландшафта и возникающей из него мультивселенной". С точки зрения ученого, участники этой дискуссии рассматривают ее "как сражение за научный дух как таковой" (Грин, 2013).

В работе рассматривается ситуация, возникшая в физике в связи с использованием непривычных методов обоснования теоретического знания, анализируются критерии его обоснования, с тем чтобы ответить на вопрос, действительно ли методы, используемые в современной теоретической физике, выводят ученого за рамки науки. В поисках ответа автор статьи опирается на идею о том, что науку следует рассматривать как сложную самоорганизующуюся систему (Власова, 2006; 2013).

## 2. Эффективность использования математики для познания реальности

Существуют несколько вариантов датировки возникновения науки (*Латицкий, 1994*). Согласно одному из них, наука возникла в лоне древнейших культур Вавилона и Египта. При этом наука отождествляется со знанием. Дальнейшее развитие науки представляется плавным эволюционным течением от древних знаний к современным. В соответствии со второй гипотезой возникновение науки относится к античности (Древняя Греция, примерно V в. до н. э.); ключевым критерием становления науки считается возникновение теоретического знания. Согласно следующему предположению, дата возникновения науки относится к позднему европейскому средневековью (XIII-XIV вв.). В этом случае возникновение науки связывается со становлением экспериментальной научной деятельности. И согласно четвертой гипотезе, возникновение науки относят к XVI-XVII вв. Античные и средневековые представления на природу в рамках этого подхода рассматриваются как донаучные. Из вышеизложенного следует, что в литературе отсутствует единый взгляд на время и место возникновения науки. Мы будем придерживаться второй позиции, поскольку именно в период античности возникло теоретическое знание, рациональная критика, первые прообразы научных школ. Все перечисленные факты, в особенности первый из названных, настолько тесно связаны с наукой, что вторая позиция представляется наиболее приемлемой.

Поскольку усилия науки направлены на познание реальности, то ключевой вопрос о том, как человек познает реальность, ставился греческими мыслителями уже на заре рождения науки примерно две с половиной тысячи лет назад. Гигантский шаг к расширению знания об окружающем мире был сделан, когда для его изучения стали применять математику. Еще Платон (427-347 г. до н.э.) полагал, что истинный мир, мир идей, доступен только разуму. Реальное, скрывающееся за видимостью вещей, вскрывающее их внутреннюю сущность, есть математическое. По мнению М. Клайна, "математика была и остается превосходным методом исследования, открытия и описания физических явлений. В некоторых областях физики математика... составляет самую суть нашего понимания физического мира. Даже если математические структуры сами по себе не отражают реальности физического мира, их, тем не менее, можно считать единственным ключом к познанию реальности" (*Клайн, 1988*).

Один из ярких примеров эффективности математики для описания физических явлений без полного понимания физиками происходящих процессов – это копенгагенская интерпретация (КИ) квантовой механики. Как известно, для описания процессов на атомном и субатомном уровне используется уравнение Шредингера, записанное для волновой функции частицы (например, электрона в атоме). Волновая функция была введена как ненаблюдаемая величина, знание которой позволяет рассчитать (используя уравнение Шредингера) реально наблюдаемые параметры частицы с определенной долей вероятности. В период становления квантовой механики копенгагенская группа физиков в ходе дискуссии достигла ясности в вопросе о том, что "наглядное пространственно-временное описание процессов, происходящих в атоме, невозможно", а "от представления о протекающих в пространстве и времени объективных процессах определенно надо, так или иначе, избавиться" (*Гейзенберг, 2004а*). Устранение противоречий в толковании квантовой теории было достигнуто "ценой отказа от некоторых элементарных понятий классической физики". "Новая квантовая теория имела дело, просто говоря, уже не непосредственно с природой, а с нашими знаниями о природе" (*Гейзенберг, 2004б*). Действительно, сама по себе волновая функция принципиально не наблюдаема, но ее рассмотрение по определенным математическим правилам позволяет предсказать значения физических величин, измеряемых на опыте. Предсказания теории с хорошей степенью точности совпадали с экспериментом. Но при этом КИ не давала полного понимания происходящих процессов, так как она не могла объяснить редукцию волновой функции в процессе измерения (*Власова, 2011*). Работа Хью Эверетта, в которой он сумел показать, что в процессе измерения не происходит редукции волновой функции (*Everett, 1957*), породила новую проблему, связанную с интерпретацией множества реальных миров, возникающих в этом рассмотрении. Интерпретация Эверетта до сих пор не имеет адекватного толкования, согласованного хотя бы так, как согласована Копенгагенская интерпретация квантовой механики, т.е. путем достижения консенсуса.

Приведенный пример свидетельствует о том, что успешность теории в предсказании наблюдаемых явлений может быть использована для оправдания ее базисной архитектуры даже в случае, когда эта архитектура находится за рамками наших возможностей ее непосредственного восприятия и окончательного понимания того, почему именно она оказалась эффективной для решения поставленной физической задачи (*Грин, 2013*).

### 3. Теоретическое знание и особенности его обоснования

Одним из ключевых моментов, с которым связывают рождение науки, является возникновение теоретического знания. Сегодня никто не оспаривает положения, что постижение реальности невозможно без построения теорий. Даже эмпирическое исследование не может начаться без определенной теоретической установки. Без теории невозможно целостное восприятие действительности, в рамках которого многообразные факты укладываются в единую систему. Теории не появляются как прямое обобщение опытных фактов. Они возникают в сложном взаимодействии теоретического мышления и эмпирического познания реальности, в результате разрешения внутренних чисто теоретических проблем, взаимодействия науки и культуры в целом. А. Эйнштейн писал, что никакой логический путь не ведет от наблюдений к основным принципам теории (*Эйнштейн*, 1967). Приведем определение М. Бунге: "В современных философских, математических и естественнонаучных языках под теорией понимается гипотетико-дедуктивная система, т.е. множество формул, порождаемых с помощью логики и математики группой начальных предположений" (*Бунге*, 2003). По мнению В.С. Степина, теоретическое знание является фундаментальной характеристикой развитой науки: "И если нет теоретического знания, то и науки в собственном смысле слова тоже нет" (*Круглый...*, 2001).

Огромное значение в построении системы научных знаний играют методы обоснования научного знания, конкретно для теоретического знания – методы принятия теорий. Требования, подходящие в качестве критериев для принятия теорий, представляют собой набор когнитивных ценностей. В литературе, посвященной философии науки, ведутся споры относительно того, какие критерии принятия теорий являются наиболее приемлемыми. В качестве когнитивных ценностей для принятия теорий можно использовать, например, характеристики добротности научных теорий Томаса Куна: точность; последовательность; предсказательный и объяснительный масштабы; простота и продуктивность в постановке исследовательских задач. Т. Кун называет пять характеристик добротности научной теории не потому, что они являются исчерпывающими, а потому что каждая из них важна; в совокупности они достаточно разнообразны, чтобы "обозначить то, что ставится на карту" (*Кун*, 1996). Он пишет: "Во-первых, теория должна быть точной: следствия, дедуцируемые из теории, должны обнаруживать согласие с результатами имеющихся экспериментов и наблюдений. Во-вторых, теория должна быть непротиворечива, причем, не только внутренне или сама с собой, но также и с другими принятыми теориями, применимыми к близким областям природы. В-третьих, теория должна иметь широкую область применения, следствия теории должны распространяться далеко за пределы тех частных наблюдений, законов и подтеорий, на которые ее применение было первоначально ориентировано. В-четвертых, (это тесно связано с предыдущим) теория должна быть простой, вносить порядок в явления, которые в ее отсутствие были бы изолированы друг от друга и составляли бы спутанную совокупность. В-пятых, это менее стандартная, но весьма важная для реальных научных решений характеристика – теория должна быть плодотворной, открывающей новые горизонты исследования; она должна раскрывать новые явления и соотношения, ранее оставшиеся незамеченными среди уже известных" (*Кун*, 1996).

Существует мнение, что в названный набор следует включить высокую степень фальсифицируемости (*Поппер*, 1983), а также добавить "правила запрета", например, устранить требование "простота и объяснительный масштаб" (*Лэйси*, 2001). Последнее предложение связано с тем, что на раннем этапе развития теории она может и не удовлетворять указанным требованиям. Например, система электромагнитных уравнений Д.-К. Максвелла не обладала необходимой простотой до тех пор, пока О. Хэвисайд не придал уравнениям современный вид (он упростил 20 уравнений Максвелла с 12 переменными и свел их к четырем уравнениям для двух переменных). Кроме того, существует проблема иерархии когнитивных ценностей. Например, не ясно, что важнее: объяснительная мощь, простота, точность или продуктивность. Х. Лэйси отмечает, что указанные разногласия открыты для обсуждения. "Список кандидатов" в набор ценностей, подходящих для принятия теорий, может быть сужен или расширен на основании тех или иных аргументов (*Лэйси*, 2001). Это предложение Х. Лэйси чрезвычайно актуально в настоящее время, в связи с тем что в последние десятилетия в методах исследования, используемых физиками, происходят изменения, которые вынуждают искать другие критерии, нежели те, которые были предложены философией науки в XX в., или модифицировать критерии, сформулированные ранее. Логика развития теоретических исследований, связанных с обоснованием экспериментально обнаруженного ускоренного расширения Вселенной, привела теоретиков к необходимости использовать методы, которые приветствуются далеко не всеми учеными, поскольку последние считают их выходящими за рамки науки.

#### 4. Что мы знаем о современной Вселенной

По мнению Н.Н. Латыпова и соавторов, "формирование конкретных свойств элементарных частиц и их взаимодействий предопределяется состоянием различных вакуумных субструктур<sup>1</sup> и взаимосвязями между ними". Современный уровень знаний позволяет утверждать, что именно антигравитация вакуума породила космологическое расширение (Чернин, 2001). Кроме того, геометрические свойства Вселенной в целом, ее крупномасштабная структура, химический состав, условия возникновения биологических объектов, в свою очередь, определяются свойствами частиц. Параметры физического вакуума жестко зафиксированы для видимой Вселенной. В этом смысле можно говорить, что вакуумные структуры в нашей Вселенной самоорганизуются единственным образом, который позволяет существовать в ней макроскопическим структурам (Латыпов и др., 2001).

Космологический принцип (предполагаемая однородность космоса) налагает ограничения на геометрию пространства и существенно ограничивает набор возможных форм Вселенной, причем одни формы могут иметь бесконечную пространственную протяженность, а другие – нет. Кривизна пространства определяется плотностью материи в нем. Согласно современным сведениям о формах материи во Вселенной, (75 ± 5) % составляет физический вакуум (темная энергия), (23 ± 7) % – темная материя, (2,2 ± 0,1) % – светящееся вещество звезд и галактик (цифры даны относительно критической плотности) (Чернин, 2008). Таким образом, в пределах погрешности плотность материи Вселенной близка к критической; этот факт дает основание предположить, что при данной точности оценок плотности материи Вселенная обладает нулевой пространственной кривизной.

Наша Вселенная обладает определенным набором фундаментальных свойств: однородностью в больших масштабах; определенной плотностью материи, близкой к критической; наличием флуктуаций плотности материи в малых масштабах; высокой температурой в начале расширения (и некоторыми другими свойствами, которые мы здесь не называем). Для объяснения фундаментальных свойств Вселенной физики разрабатывали различные модели. Наиболее успешной из них оказалась инфляционная, согласно которой, начиная с момента времени  $10^{-44}$  секунды (так называемое планковское время) происходит очень быстрое расширение пространства (инфляция) и последующий распад вакуумподобного состояния. После распада возникают горячие Вселенные, в одной из которых находимся мы (Розенталь, 1987). Согласно инфляционному сценарию, гигантское пространственное расширение должно приводить к температурным флуктуациям реликтового излучения. Поиск температурных колебаний стал предметом тщательных астрономических наблюдений. В результате предсказанные флуктуации были обнаружены<sup>2</sup>. Причем предсказания теории подтвердились наблюдательными данными. Экспериментальное подтверждение модели убедило многих скептиков, что инфляционный сценарий верно отражает существенные черты космической эволюции. В большинстве инфляционных моделей инфляция является вечной; это, в свою очередь, приводит к постоянно растущему числу дочерних вселенных. Б. Грин считает, что на сегодняшний день есть убедительные доказательства инфляционной мультивселенной (Грин, 2013). С ним нельзя не согласиться, поскольку теория инфляции удовлетворяет всем критериям принятия теорий, предложенных Т. Куном, а также критерию фальсифицируемости К. Поппера. По мнению А. Чернина, идеи, на которые опирается инфляционная модель, были высказаны Э.Б. Глинером в его работах 1965 и 1970 гг.; он считает, что эти идеи служат не только первой, но пока и единственной разумной гипотезой о физической природе космологического расширения. "По Э.Б. Глинеру, расширение вещества обязано своим происхождением антигравитации космологического вакуума, а само вещество появилось в результате квантовых флуктуаций того же вакуума" (Чернин, 2001).

Общая теория относительности (ОТО) была создана А. Эйнштейном в 1916 г.; в 1917 г. он пытался применить новую теорию к физической интерпретации структуры Вселенной. При расчете А. Эйнштейн использовал допущение, которое в 1916 г. казалось естественным: ввел так называемый лямбда-член<sup>3</sup> (космологическую постоянную), описывающий еще один вид сил – гипотетические силы

<sup>1</sup> С большой степенью вероятности можно полагать, что физический вакуум (темная энергия) – это среда с очень сложной структурой, которая изменялась в ходе эволюции Вселенной и которую можно перестраивать путем изменений состояний материи, взаимодействующей с ней. Физический вакуум является характеристикой самого пространства-времени (Латыпов и др., 2001). У вакуума есть свойство, которым только он и обладает: воздействуя на все тела своей антигравитацией, он сам никакому обратному воздействию этих тел не поддается (Чернин, 2001).

<sup>2</sup> Нобелевская премия по физике 2006 г. за обнаружение температурных колебаний реликтового излучения была присуждена Джорджу Смуту и Джону Мазеру.

<sup>3</sup> С большой долей вероятности можно полагать, что темная энергия является вакуумом. В этом случае космологическая постоянная, лямбда-член, вакуумная энергия и темная энергия – понятия эквивалентные (Бурдюжа, 2004). Однако не все физики согласны с тем, что вакуумная энергия и темная энергия – один и тот же объект. Так,

гравитационного отталкивания вакуума, – специально для того, чтобы построить статическую модель Вселенной. А. Фридман в 1924 г. вывел и полностью решил космологические уравнения, которые следовали из ОТО. Он пришел к выводу, что материя в больших масштабах во Вселенной не может находиться в покое: она должна либо расширяться, либо сжиматься. Примерно в эти же годы Э. Хабблом на базе данных наблюдательной астрономии был открыт закон (названный законом Хаббла), согласно которому, Галактики удаляются друг от друга, что было интерпретировано позднее как эффект, вызванный расширением Вселенной (Власова, 2004).

После того как был открыт закон Хаббла и получены решения Фридмана, Эйнштейн отказался от введения космологической постоянной в свои решения. Тем не менее он полагал, что остается один вопрос, который требует ответа: почему ОТО позволяет включить космологическую постоянную в полевые уравнения? Эйнштейн продолжал верить в то, что астрономические наблюдения со временем позволят опытным путем решить вопрос о величине космологической постоянной. Восемьдесят лет спустя в рамках космических проектов "Supernova cosmology" и "High-Z Supernova" были выполнены эксперименты, в ходе которых удалось определить космологическую постоянную. Рассмотрим подробнее, как это было сделано. Группы исследователей обоих проектов, ведя независимые наблюдения, пришли к одинаковым результатам. Оказалось, что наша Вселенная с момента своего образования в течение первых 6-8 млрд лет расширялась с замедлением, а в последние 7 млрд лет расширение пространства Вселенной происходит с ускорением. Полученные результаты, которые проверялись и уточнялись последующими исследованиями, позволили рассчитать величину космологической постоянной<sup>4</sup>. Дело в том, что вакуум доминировал в мире не всегда. Его плотность не изменяется со временем, а плотность темной материи падает при расширении мира. Это означает, что во Вселенной на ранних стадиях эволюции господствовало всемирное тяготение невакуумных компонент космической среды; это приводило к замедлению скорости расширения Вселенной. При возрасте Вселенной 6-8 млрд лет плотность темной материи снизилась до значения плотности вакуума, а затем стала меньше этой плотности, что привело к экспоненциальному росту масштабного фактора (Вселенная расширяется с ускорением) в течение последних 7 млрд лет (Черпащук, Чернин, 2003).

Именно эти результаты и позволили оценить величину космологической постоянной. Оказалось, что она имеет хоть и малое, но не нулевое значение. Сегодня у физиков практически нет возможности объяснить приведенные выше наблюдательные данные каким-либо другим образом, кроме как ненулевым значением космологической постоянной. Для другого объяснения необходимо либо отказаться от уравнений общей теории относительности, либо включить в картину мира экзотические квантовые поля. На сегодняшний день самое простое (критерий простоты!) объяснение наблюдаемого ускоренного расширения Вселенной состоит в том, что космологическая постоянная отлична от нуля, а пространство заполнено физическим вакуумом (темной энергией) (Грин, 2013).

## 5. Изучение Вселенной: реальные возможности и возможные пределы

Научный метод познания в целом и методы принятия теорий опираются на принципы проведения и анализа локальных экспериментов, осуществляемых в лаборатории. Современной физике подвластны масштабы энергий порядка сотен ГэВ (реализуются на современных ускорителях) и расстояния порядка  $10^{-13}$  м. Гарантируют ли эти успехи в изучении микромира получение ответа на вопрос: возможно ли изучение мира, Вселенной в целом? Очевидно, что изучение мира в целом должно опираться на теоретические модели (не противоречащие локальным экспериментам и теориям и, более того, учитывающие их). Эти модели должны также учитывать фундаментальные свойства Вселенной. С точки зрения Н.Н. Латыпова и соавторов, последовательность действий может быть такой: вначале необходимо разработать теоретическую модель, сформулировать ее экспериментальные следствия (если это окажется возможным), а затем сопоставить результаты эксперимента с данными наблюдательной астрономии (Латыпов и др., 2001). Мы видим, что предложенный способ действий не отличается от тех подходов, которые используются при проведении локальных экспериментов, фактически принятие теории опирается на критерий фальсифицируемости.

В настоящее время изучение Вселенной в целом возможно в рамках общей теории относительности Эйнштейна. Но, как показало развитие физики, одной теории относительности для изучения эволюции Вселенной недостаточно. Необходимо осуществить синтез теории Эйнштейна и

---

В.Н. Лукаш и В.П. Рубаков считают не менее привлекательной и другую точку зрения, связывающую темную энергию с новым сверхслабым и сверхлегким полем – квинтэссенцией, фантомным полем и т. п. (Лукаш, Рубаков, 2008).

<sup>4</sup> Считается общепризнанным, что космологическая постоянная описывает космический вакуум, т. е. такое состояние космической энергии, которое обладает постоянной во времени и одинаковой в пространстве плотностью, причем в любой системе отсчета (Чернин, 2001).

теории элементарных частиц, учитывающей квантовые свойства. Это связано с тем, что современная физика исследует объекты, в которых необходимо учитывать как квантовые, так и гравитационные эффекты (например, черные дыры или Вселенная на ранних этапах эволюции). Такая теория активно разрабатывается и называется теорией суперструн.

Исследования, проводимые физиками и математиками всего мира в течение последнего десятилетия, показали, что подход, используемый в теории суперструн, устраняет конфликт между квантовой механикой и ОТО. Более того, этот подход показывает, что квантовая механика и ОТО необходимы друг другу для того, чтобы теоретические построения теории струн обрели смысл. Существуют и другие аргументы, которые вынудили ученых обратиться к разработке новых подходов, представленных в теории суперструн. Стандартная теория элементарных частиц имеет некоторые нерешенные проблемы. Например, непонятно, почему элементарных частиц слишком много; почему существуют именно три семейства лептонов и кварков. Нет ответа на вопрос, почему частицы имеют именно такие массы и заряды, которые наблюдаются в эксперименте. Разброс масс кажется совершенно случайным. Современная теория фундаментальных взаимодействий также не дает ответов на ряд вопросов. Непонятно, почему существуют именно четыре фундаментальных взаимодействия; что является причиной различия свойств фундаментальных взаимодействий; почему существует такое огромное различие в интенсивности взаимодействий; почему область влияния взаимодействий столь различна: сильное и слабое действуют в микроскопическом масштабе, а электромагнитное и гравитационное имеют неограниченную область влияния. Можно сказать, что Вселенная такая, какая она есть, потому что вещество и частицы, отвечающие за фундаментальные взаимодействия, имеют те свойства, которые они имеют. Но нет ответа на вопрос, почему они имеют именно такие свойства (Грин, 2004).

Теория суперструн не является окончательно разработанной теорией, имеющей надежное экспериментальное подтверждение и полностью принятой научным сообществом. "Теория струн должна рассматриваться как развивающееся направление, первые результаты которого уже продемонстрировали поразительное проникновение в сущность пространства, времени и материи. Главным успехом является гармоничный союз ОТО и квантовой механики. Далее, в отличие от всех предшествующих теорий, теория струн отвечает на основополагающие вопросы, относящиеся к наиболее фундаментальным составным частям и взаимодействиям в природе" (Грин, 2004). Кроме того, в отличие от более общепринятых теорий, таких как стандартная модель с ее 19 свободными параметрами, которые могут подгоняться для обеспечения согласия с экспериментом, в теории струн свободных параметров нет<sup>5</sup>.

Как известно, в течение последних 7 млрд лет расширение пространства Вселенной происходит с ускорением. От темпа расширения Вселенной зависит космическая плотность. При ускоренном расширении пространство будет расширяться, разводя удаленные галактики все дальше и все быстрее. Даже и сейчас при измеренном значении космологического ускорения (в предположении, что оно неизменно), любой объект, отстоящий от нас на расстоянии, превышающем 20 млрд световых лет, всегда будет находиться вне нашего поля зрения. Объекты, которые некоторое время находились внутри нашего космологического горизонта, но были вытянуты за его пределы пространственным расширением, прошли ранее перед нашими глазами и исчезли из нашего поля зрения навсегда. Через 100 млрд лет любая галактика, находящаяся сейчас в нашей окрестности (принадлежащая так называемой "местной группе" галактик), выйдет за пределы космологического горизонта и перестанет быть видимой для нас. Как пишет Б. Грин, будущие астрономы будут наблюдать изолированную Вселенную с небольшим числом галактик, т.е. мы лишимся знания, дарованного Вселенной на более раннем этапе развития (Грин, 2013).

Предположим, что человеческая цивилизация и наука сохранятся (конечно, не на Земле; к тому времени это станет невозможным). Астрономы будущего с неизбежностью придут к выводу, что ненаблюдаемые ими и в принципе недостижимые миры реально существуют, так как в архивах науки сохраняются записи о наблюдении этих миров много миллиардов лет назад. А если предположить, что архивы утеряны, то к какому выводу придут будущие астрономы? По нашему мнению, они придут к такому же выводу о реальности существования ненаблюдаемых и недостижимых миров, если у них на вооружении будет теоретическая модель эволюции Вселенной, которой они доверяют и которая описывает эти миры как реально существующие.

Как пример с ускоренно расширяющейся Вселенной, так и пример с волновой функцией в квантовой механике, рассмотренный выше, свидетельствуют о том, что физики готовы использовать в теории (и используют!) принципиально ненаблюдаемые объекты, если они уверены в том, что такой подход приносит успех. Эта готовность принять теорию в целом, если она способна давать верные предсказания в какой-либо области, является, с нашей точки зрения, относительно новым

<sup>5</sup> Теория струн. Электронный ресурс. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Теория\\_струн](https://ru.wikipedia.org/wiki/Теория_струн).

методологическим критерием, который, насколько нам известно, не сформулирован явно в методологии науки. Этот подход основан на той же мысли М. Клайна о непостижимой эффективности математики для описания реальности. Таким образом, если общая теория относительности предсказывает наличие мест во Вселенной, недоступных нашему наблюдению, то ее феноменальный успех в описании тех явлений, которые можно наблюдать, вынуждает физиков серьезно отнестись ко всем предсказаниям теории (Грин, 2013).

На основании вышеизложенного можно набор требований для принятия теории дополнить следующим положением. *Если теория дает верное описание реальности для определенного круга явлений, доступных наблюдению, и не существует веских оснований на запрет экстраполяции этой теории на принципиально ненаблюдаемые объекты, то можно использовать данную теорию и для областей, недоступных наблюдению. При этом ученый будет оставаться в рамках науки и научного поиска.*

Вернемся к рассмотрению проблемы космологической постоянной, которая, как было отмечено выше, имеет малое, но не нулевое значение, менее чем  $10^{-123}$  планковских единиц плотности (Грин, 2013). «Следует отметить глубокий смысл наблюдаемой "малости" космологической постоянной. Вселенная с большим отрицательным значением константы никогда не станет макроскопической. Во Вселенной с большим положительным значением космологической константы будут отсутствовать сложные ядерные, химические и биологические структуры (т.к. слишком мало время для их образования)» (Бурдюжа, 2004). С. Вайнберг также уделяет особое внимание тому факту, что космологическая постоянная, обнаруженная экспериментально, на много порядков<sup>6</sup> меньше того значения, которое может быть получено в теории элементарных частиц. Он полагает, что такое катастрофическое расхождение можно сформулировать как кризис. С. Вайнбергом было предложено пять различных возможных путей выхода из кризиса. Рассмотрим один из предложенных путей, поскольку он демонстрирует подходы, которые не являются общепринятыми в науке и в физике в частности. Этот путь опирался на "антропный принцип".

"Кратко антропный принцип утверждает, что мир таков, какой он есть, по меньшей мере, частично потому, что в противном случае некому бы было спрашивать, почему мир именно такой". Существует несколько версий антропного принципа, от тривиальных до абсурдных. С. Вайнберг рассматривает три, заслуживающих, с его точки зрения, внимания, но обсуждение направляет на одну из версий, названную слабым антропным принципом. Эта версия антропного принципа объясняет то, в какой части и на каком этапе эволюции Вселенной мы живем, посредством вычисления того, в каких частях Вселенной и на какой стадии ее развития мы могли бы жить. Уместность применения слабого антропного принципа, с точки зрения С. Вайнберга, обусловлена тем фактом, что у Вселенной имеются такие периоды ее развития, в которые космологическая постоянная может принимать различные значения в широком диапазоне. Как уже было отмечено, большая космологическая постоянная препятствовала бы появлению жизни, так как в этом случае Вселенная очень рано входит в режим экспоненциального расширения, который длится вечно и препятствует образованию ступок материи за счет гравитационной конденсации вещества. Таким образом, антропный принцип весьма жестко предсказывает малость космологической постоянной в данный момент времени для той Вселенной, в которой мы живем. С. Вайнберг, исходя из ряда соображений, установил некоторый предел для величины космологической постоянной, а именно: она не должна превышать значение  $10^{-121}$  (в планковских единицах). Отметим, что данная оценка была выполнена за 10 лет до того, как были получены экспериментальные результаты, о которых мы писали выше. Что касается остальных аспектов, то многие идеи, высказываемые в рамках антропного принципа, не привели к сколь-нибудь заметным продвижениям в оценке свойств Вселенной. Именно поэтому, с нашей точки зрения, в процессе обсуждения С. Вайнберг отмечает, что подход, основанный на квантовой космологии выглядит наиболее многообещающим (Вайнберг, 1989).

В свою очередь, Б. Грин со значительно большим энтузиазмом относится к антропному подходу. Дело в том, что объединение инфляционной космологии с теорией струн приводит к модели инфляционной мультивселенной, в которой реализуется процесс вечной инфляции с возникновением постоянно возрастающего числа дочерних вселенных. В такой мультивселенной может быть реализовано практически бесчисленное множество различных физических условий. В этом случае нет ничего удивительного в том, что мы живем в той Вселенной, в которой значение космологической постоянной и все другие физические условия благоприятствуют нашей форме жизни и согласуются с наблюдениями. С точки зрения Б. Грина, требовать от фундаментальной теории, чтобы она дала ответ на вопрос, почему в нашей Вселенной именно такое значение космологической постоянной, означает то же самое, что

<sup>6</sup> В планковских единицах расхождение составляет 120 порядков.

требовать от теории гравитации ответить на вопрос, почему у Земли радиус ее орбиты при вращении вокруг Солнца имеет конкретное значение. Действительно, теория гравитации разрешает планетам двигаться по орбитам произвольного радиуса. Как на вопрос о величине космологической постоянной, так и на вопрос о радиусе земной орбиты можно дать ответ в рамках антропного принципа. Ответ на первый вопрос мы сформулировали. Ответ на второй звучит так: Земля расположена на расстоянии, равном примерно 150 млн км от Солнца, потому, что это расстояние наиболее благоприятно для возникновения жизни, а затем и разумной жизни, которая сформулирует этот вопрос (Грин, 2013).

Далеко не все ученые нейтрально отнеслись к использованию антропного принципа в качестве рабочего инструмента физики. Например, Пол Стейнхард, физик-теоретик, профессор Принстонского университета (специалист в области физики частиц, астрофизики, космологии и физики конденсированного вещества) считает, что некоторые физики попали под "чары антропного принципа" от отчаяния. Он полагает, что обращение к антропному принципу – это выход за рамки науки. П. Стейнхард пишет: "Адекватная научная теория всегда основана на поддающихся проверке гипотезах и оценивается по ее способности предугадывать события. Антропный принцип допускает огромное количество предположений, связанных с существованием множества вселенных, со случайностью процесса творения, распределениями вероятности, определяющими правдоподобие тех или иных возможностей и т.д. Ни одно из этих предположений не поддается проверке, потому что все они связаны с гипотетическими участками пространства-времени, которые мы никогда не сможем наблюдать непосредственно"<sup>7</sup>. С точки зрения П. Стейнхарда, отчаяние сторонников теории струн неоправданно. Он надеется, что теории струн удастся "найти" уникальную Вселенную, в которой мы живем.

Философия науки (и ее часть – методология науки) является дисциплиной, которая, наряду с другими задачами, анализирует методы, используемые в науке для того, чтобы найти общие идеи, позволяющие выяснить, почему именно такие способы познания реальности оказались наиболее эффективными. Другими словами, методологи науки пытаются увидеть в научной практике "нечто", обеспечивающее науке успех в познании реальности. Насколько нам известно, оценки методологов всегда ретроспективны, они анализируют то, что уже было в науке, чтобы построить на историческом материале те или иные модели, например, принятия теорий. Методологи науки, вероятно, далеки от мысли, что ученые будут следовать тем принципам, которые они вырабатывают. Эти принципы, скорее, нужны обществу и культуре, чтобы принять какие-либо решения относительно взаимодействия с наукой. Примитивный пример может пояснить высказанную мысль. Например, группа ученых предлагает осуществить разработку некоторой модели, описывающей те или иные аспекты реальности. Экспертам, оценивающим возможности финансирования различных направлений исследований, желательно было бы опираться на какие-либо принципы, чтобы иметь критерии предпочтения одних исследований другим. И в этом случае фальсифицируемость теоретической модели может служить хоть каким-то ориентиром для деятельности экспертов.

Мы рассматриваем науку как сложную уникальную самоорганизующуюся систему (Власова, 2006; 2013). С такой точки зрения нет оснований для беспокойства в том, что наука отказывается от тех методов, которые она выработала и использовала на протяжении двух с половиной тысячелетий своего существования. Но не следует забывать, что и эти методы, и сама наука продолжают эволюционировать. И если мы проанализируем период развития физики, когда ученые были вынуждены обратиться к антропному принципу, то сможем сделать вывод: на тот момент физикам было непонятно, куда пойдет дальнейший поиск. Они пытались угадать дальнейший ход теоретических исследований, опираясь хоть на что-то бесспорное. И на этом фоне появление численной оценки космологической постоянной, пусть и на основе антропного принципа, дало толчок дальнейшим исследованиям<sup>8</sup>. Ученые начали искать механизмы, действующие в ранней Вселенной, которые могли бы привести к снижению величины космологической постоянной. В течение ряда лет было выдвинуто множество гипотез, но получить малое значение космологической постоянной не удавалось. "Но даже и в этой ситуации большинство исследователей воспринимали данный факт просто как отражение неполноты нашего понимания физики" (Грин, 2013). Мы полностью согласны с такой оценкой Б. Грина. Действительно, если внимательно изучить текст лекций С. Вайнберга, прочитанных в 1988 г., то можно сделать следующий вывод. Автор вовсе не уповает на антропный принцип как на метод исследования, адекватный серьезной теоретической модели, но использует его как способ поиска направления движения, если нет ничего другого, что помогло бы сориентировать исследователя. Такой подход позволяет провести численные

<sup>7</sup> Стейнхардт П. URL; [http://www.e-reading.link/chapter.php/1031964/97/Brokman\\_Vo\\_chno\\_my\\_verim\\_no\\_ne\\_mozhem\\_dokazat.html](http://www.e-reading.link/chapter.php/1031964/97/Brokman_Vo_chno_my_verim_no_ne_mozhem_dokazat.html).

<sup>8</sup> Не следует забывать, что в тот момент отсутствовали наблюдательные астрономические данные, они появились позже.



оценки, способствующие продолжению поиска. Как мы упомянули выше, С. Вайнберг связывает дальнейший успех в объяснении свойств нашей Вселенной, скорее всего, с разработкой различных аспектов квантовой космологии, а вовсе не с антропным принципом (Вайнберг, 1989).

С нашей точки зрения, в использовании антропного принципа физиками нет ничего принципиально нового. Ученые всегда стремились найти "подсказки", которые помогали бы выбрать тот или иной путь движения, отталкиваясь от чего-либо, что давало бы толчок творческой мысли. Общеизвестен, например, тот факт, что Д.-К. Максвелл при разработке теории электромагнетизма пользовался гидромеханическими аналогиями. Академик А.Б. Мигдал, в книге, обращенной к будущим исследователям, пишет: "Наука не может двигаться без внезапных скачков мысли, озарений, интуиции, но неожиданные идеи, выдерживающие проверку, возникают только на основе профессионализма. Да и научная интуиция рождается в результате серьезной работы". Далее А.Б. Мигдал пишет: "Однажды, когда я бился над тем, как найти формулу, которая давала бы вероятность вылета электрона из атома при ядерных столкновениях, то увидел во сне, что по арене цирка скачет наездница, резко останавливается – и цветы, которые она держит в руках, летят в публику... Я понял, что в системе координат, где ядро покоится после столкновения, проще летать состоянием вылетающих электронов" (Мигдал, 1984). По нашему мнению, запретить физикам использовать антропный принцип для выполнения необходимых оценок физических параметров – это сродни запрету использовать в науке расчеты, идея которых родилась не в рабочем кабинете, а во сне (как это произошло с А.Б. Мигдалом).

## 6. Заключение

В результате проведенного исследования автор сделал следующие выводы:

1. На современном этапе развития науки ученые используют в своих теоретических построениях принципиально ненаблюдаемые объекты, если они уверены в том, что такой подход приносит успех, независимо от того, насколько полное понимание происходящих процессов дает разрабатываемая теория.

2. Если теория содержит верное описание реальности в рамках определенного круга явлений, доступных наблюдению, и не существует веских оснований на запрет ее экстраполяции на принципиально ненаблюдаемые объекты, то можно использовать данную теорию и для областей, недоступных наблюдению. При этом ученый будет оставаться в рамках науки и научного поиска.

3. Антропный принцип уже фактически введен в физику как один из инструментов, помогающих познать реальность, но не как всеобъемлющий инструмент, заменяющий фундаментальную физическую теорию.

## Литература

- Everett Hugh. "Relative state" formulation of quantum mechanics. *Reviews of Modern Physics*, v. 29, N 3, p. 454-462, 1957.
- Бунге М. Философия физики. М., *Редакционный УРСС*, 320 с., 2003.
- Бурдюжа В.В. Темные компоненты Вселенной. *Успехи физических наук*, т. 180, № 4, с. 439, 2004.
- Вайнберг С. Проблема космологической постоянной. *Успехи физических наук*, т. 158, № 4, с. 639, 1989.
- Власова С.В. Естественнаучная культура, или Наука для каждого. М., МПСИ; Воронеж, НПО "МОДЭК", 272 с., 2004.
- Власова С.В. Множество реальных миров и универсальная реальность. *Вестник МГТУ*, т. 14, вып. 2, с. 281-291, 2011.
- Власова С.В. Наука и научное образование (В свете философии науки). *Мурманск, МГТУ*, 296 с., 2006.
- Власова С.В. Поиск подходов к формированию адекватного образа науки в процессе обучения. *Российский гуманитарный журнал*, т. 2, № 3, с. 221, 2013.
- Гейзенберг Вернер. Философские проблемы атомной физики. М., *Редакционный УРСС*, 192 с., 2004б.
- Гейзенберг Вернер. Часть и целое (беседы вокруг атомной физики). М., *Редакционный УРСС*, 232 с., 2004а.
- Грин Б. Скрытая реальность: Параллельные миры и глубинные законы космоса. М., *УРСС: Книжный дом "ЛИБРОКОМ"*, 400 с., 2013.
- Грин Б. Элегантная Вселенная. Суперструны, скрытые размерности и поиски окончательной теории. М., *Редакционный УРСС*, 288 с., 2004.
- Клайн М. Математика. Поиск истины. М., *Мир*, 295 с., 1988.
- Круглый стол журналов "Вопросы философии" и "Науковедение", посвященный обсуждению книги В.С. Степина "Теоретическое знание". *Вопросы философии*, № 1, с. 3, 2001.
- Кун Т. Объективность, ценностные суждения и выбор теории. *Современная философия науки, Хрестоматия*. М., *Логос*, с. 62, 1996.

- Лапицкий В.В.** Наука в системе культуры. Псков, из-во Псковского обл. ИУУ, 135 с., 1994.
- Латыпов Н.Н., Бейлин В.А., Верешков Г.М.** Вакуум, элементарные частицы и Вселенная: в поисках физических и философских концепций XXI века. М., МГУ, 232 с., 2001.
- Лаудан Л.** Наука и ценности. *Современная философия науки. Хрестоматия.* М., Логос, 400 с., 1996.
- Лукаш В.П., Рубаков В.А.** Темная энергия: мифы и реальность. *Успехи физических наук*, т. 178, № 3, с. 301, 2008.
- Лэйси Х.** Свободна ли наука от ценностей? Ценности и научное понимание. М., Логос, 360 с., 2001.
- Мигдал А.Б.** Как рождаются физические теории. М., Педагогика, 128 с., 1984.
- Поппер К.** Логика и рост научного знания. М., Прогресс, 606 с., 1983.
- Розенталь И.Л.** Геометрия, динамика Вселенной. М., Наука, 144 с., 1987.
- Степин В.С.** Основания науки и их социокультурная размерность. Наука в культуре (под ред. В.Н. Поруца). М., Эдиториал УРСС, 384 с., 1998.
- Черепашук А.М., Чернин А.Д.** Вселенная, жизнь, черные дыры. *Фрязино, "Век 2"*, 320 с., 2003.
- Чернин А.Д.** Космический вакуум. *Успехи физических наук*, т. 171, № 11, с. 1153, 2001.
- Чернин А.Д.** Темная энергия и всемирное антитяготение. *Успехи физических наук*, т. 178, № 3, с. 267, 2008.
- Эйнштейн А.** Мотивы научного исследования. Собр. науч. трудов в 4 т. М., Наука, т. IV, 600 с., 1967.

## References

- Everett Hugh.** "Relative state" formulation of quantum mechanics. *Reviews of Modern Physics*, v. 29, N 3, p. 454-462, 1957.
- Bunge M.** *Filosofiya fiziki [Philosophy of physics]*. М., Editorial URSS, 320 p., 2003.
- Burdyuzha V.V.** *Temnye komponenty Vselennoy [Dark components of the Universe]*. *Uspehi fizicheskikh nauk*, t. 180, N 4, p. 439, 2004.
- Vainberg S.** *Problema kosmologicheskoy postoyannoy [The problem of the cosmological constant]*. *Uspehi fizicheskikh nauk*, t. 158, N 4, p. 639, 1989.
- Vlasova S.V.** *Estestvennonauchnaya kultura, ili Nauka dlya kazhdogo [Natural science culture or Science for each]*. М., MPSI; Voronezh, NPO "MODEK", 272 p., 2004.
- Vlasova S.V.** *Mnozhestvo realnyh mirov i universalnaya realnost [Majority of real worlds and universal reality]*. *Vestnik MGTU*, t. 14, vyp. 2, p. 281-291, 2011.
- Vlasova S.V.** *Nauka i nauchnoe obrazovanie (V svete filosofii nauki) [Science and scientific education (From the point of view of philosophy of science)]*. Murmansk, MGTU, 296 p., 2006.
- Vlasova S.V.** *Poisk podhodov k formirovaniyu adekvatnogo obraza nauki v protsesse obucheniya [Approaches to formation of an adequate image of science in the process of learning]*. *Rossiyskiy gumanitarniy zhurnal*, t. 2, N 3, p. 221, 2013.
- Heisenberg Werner.** *Filosofskie problemy atomnoy fiziki [Philosophic problems of nuclear science]*. М., Editorial URSS, 192 p., 2004b.
- Heisenberg Werner.** *Chast i tseloe (besedy vokrug atomnoy fiziki) [Part and whole (discussion around atomic physics)]*. М., Editorial URSS, 232 p., 2004a.
- Greene B.** *Skrytaya realnost: Parallelnye miry i glubinnye zakony kosmosa [The hidden reality: Parallel Universe, and the deep laws of cosmos]*. М., URSS: Knizhnyi dom "LIBROKOM", 400 p., 2013.
- Greene B.** *Elegantnaya Vselennaya. Superstruny, skrytye razmernosti i poiski okonchatelnoy teorii [The elegant universe. Superstrings, hidden dimensions and the quest for the ultimate theory]*. М., Editorial URSS, 288 p., 2004.
- Klain M.** *Matematika. Poisk istiny [Mathematics. Search for knowledge]*. М., Mir, 295 p., 1988.
- Kruglyi stol zhurnalov "Voprosy filosofii" i "Naukovedenie", posvyaschennyi obsuzhdeniyu knigi V.S. Stepina "Teoreticheskoe znanie" [Round table "Questions of Philosophy" and "Science of science", dedicated to the discussion of the book V.S. Stepin "Theoretical knowledge"]. *Voprosy filosofii*, N 1, p. 3, 2001.**
- Kuhn T.** *Ob'ektivnost, tsennostnye suzhdeniya i vybor teorii [Objectivity, value judgments and theory choice]*. *Sovremennaya filosofiya nauki, Hrestomatiya.* М., Logos, p. 62, 1996.
- Lapitskiy V.V.** *Nauka v sisteme kultury [Science in the system of culture]*. Pskov, iz-vo Pskovskogo obl. IUU, 135 p., 1994.
- Latypov N.N., Beylin V.A., Vereshkov G.M.** *Vakuum, elementarnye chastitsy i Vselennaya: v poiskah fizicheskikh i filosofskikh kontseptsiy XXI veka [Vacuum, elementary particles and the universe: In search of physical and philosophical concepts of the XXI century]*. М., МГУ, 232 p., 2001.
- Laudan L.** *Nauka i tsennosti [Science and values]*. *Sovremennaya filosofiya nauki. Hrestomatiya.* М., Logos, 400 p., 1996.

- Lukash V.P., Rubakov V.A.** Temnaya energiya: mify i realnost [Dark energy: Myths and reality]. Uspehi fizicheskikh nauk, t. 178, N 3, p. 301, 2008.
- Lacey H.** Svobodna li nauka ot tsennostey? Tsennosti i nauchnoe ponimanie [Is science value-free? Values and scientific understanding]. M., Logos, 360 p., 2001.
- Migdal A.B.** Kak rozhdayutsya fizicheskie teorii [How physical theories are born]. M., Pedagogika, 128 p., 1984.
- Popper K.** Logika i rost nauchnogo znaniya [Logic and growth of scientific knowledge]. M., Progress, 606 p., 1983.
- Rozenal I.L.** Geometriya, dinamika Vselennoy [Geometry, dynamics of the Universe]. M., Nauka, 144 p., 1987.
- Stepin V.S.** Osnovaniya nauki i ih sotsiokulturnaya razmernost [The foundations of science and their socio-cultural dimension]. Nauka v kulture (pod red. V.N. Porusa). M., Editorial URSS, 384 p., 1998.
- Cherepaschuk A.M., Chernin A.D.** Vselennaya, zhizn, chernye dyry [The Universe, life, black holes]. Fryazino, "Vek 2", 320 p., 2003.
- Chernin A.D.** Kosmicheskiy vacuum [Cosmic vacuum]. Uspehi fizicheskikh nauk, t. 171, N 11, p. 1153, 2001.
- Chernin A.D.** Temnaya energiya i vseмирное antityagotenie [Dark energy and universal antigravitation]. Uspehi fizicheskikh nauk, t. 178, N 3, p. 267, 2008.
- Einshtein A.** Motivy nauchnogo issledovaniya [Motives of scientific investigation]. Sobr. nauch. trudov v 4 t. M., Nauka, t. IV, 600 p., 1967.

#### **Информация об авторе**

**Власова Светлана Васильевна** – факультет арктических технологий МГТУ, профессор кафедры общей и прикладной физики, д-р филос. наук, канд. техн. наук, доцент, e-mail: vlasovasv@mstu.edu.ru

**Vlasova S.V.** – Faculty of Arctic Technologies MSTU, Professor of Department of General and Applied Physics, Dr of Philos. Sci., Cand. of Tech. Sci., Associate Professor, e-mail: vlasovasv@mstu.edu.ru