

# «Модальные подходы в метафизике и квантовой механике»<sup>1</sup>

Терехович В.Э.

## Резюме

Понятия возможных состояний или возможных траекторий используются в нескольких интерпретациях квантовой механики. В статье исследуется возможность сопоставления этих интерпретаций с метафизическими концепциями перехода от потенциального существования к актуальному. Анализ проводится на примере дискуссии в современной аналитической метафизике модальностей. Рассмотрены аналогии между концепцией Лейбница о стремлении к существованию соревнующихся возможностей, волновой механикой Шредингера и интегралом по траекториям Фейнмана

**Ключевые слова:** метафизика модальностей, интерпретации квантовой механики, возможные квантовые состояния, возможное существование

## Abstract

Some interpretations of quantum mechanics use notions of *possible states* and *possible trajectories*. We investigate how this modal approach correlates with several metaphysical conceptions of a transition from potential to actual existence. The comparison is based on a discussion in contemporary analytic metaphysics of modality. We also consider an analogy between Leibniz's theory of the striving possibilities tending towards existence, wave mechanics of Schrödinger, and Feynman path integrals.

**Keywords:** modal metaphysics, interpretation of quantum mechanics, possible quantum states, possible existence

## 1. Введение

В ряде интерпретаций квантовой механики (далее КМ) состояния и истории частиц прямо сопоставляются с возможностями (Фок, 1957; Гейзенберг, 1987; Everett, 1957; Bohm, 1980; Van Fraassen, 1991; Dieks, 2007; Lombardi and Castagnino, 2008; Suárez, 2011). В других интерпретациях КМ модальные понятия возможного и актуального существования часто неявно подразумеваются, хотя авторы не уделяют им специального внимания. По словам Баба, задним числом большое количество традиционных интерпретаций квантовой теории можно охарактеризовать как модальные интерпретации, в частности, это относится к интерпретациям Дирака-фон Неймана, Бора и Бома (Bub, 1997). Причина такой популярности метафизической модели разделения реальности на

---

<sup>1</sup> Опубликовано в научном журнале «Метафизика», № 1 (2015), СС. 129–152.

возможную и актуальную сферы заключается в том, что она существенно облегчает разговор о необычных квантовых явлениях. Например, квантовую вероятность удобнее относить не к множеству совершившихся актуальных событий, как в статистической физике, а к возможным исходам эволюции одиночного квантового объекта. При рассмотрении суперпозиции альтернативных, а значит несовместимых в классическом мире состояний, гораздо удобнее называть их возможными состояниями. Соответственно, квантовый мир или миры можно представлять в разных интерпретациях или как наборы возможных состояний (историй) квантовых частиц (полей), или как возможные утверждения о них; тогда как мир классических объектов и однозначно необходимых законов удобно называть актуальным. Разведение реальности на две сферы позволяет ослабить остроту противоречий в квантовых явлениях с привычными представлениями о природе, подчиняющейся принципу причинности и принципу исключенного третьего. К примеру, Гринштейн и Зайонц (2008, с. 205) говорят о квантовой суперпозиции как о сосуществовании возможностей, при котором возможна интерференция, тогда как классическая картина смешанных состояний представляется как совокупность действительных состояний, для которых интерференции невозможна.

Известно, что возможный и актуальный модусы реальности являются предметом изучения нескольких областей философии, однако для построения физических моделей современные специалисты часто используют понятия «возможное» и «актуальное» интуитивно, без должной критики, иногда даже в бытовом смысле. И действительно, мы редко задумываемся, что означает концепция перехода возможного существования в актуальное, и на каком основании произошло ее заимствование из философии. Постепенно сложилась ситуация, когда использование достижений философии отдается на откуп личным пристрастиям конкретных специалистов, защищающих ту или иную интерпретацию КМ.<sup>2</sup> Можно предположить, что это вполне закономерный результат, поскольку цель интерпретации любой научной теории состоит не только в том, чтобы придать физический смысл ее моделям, понятиям и математическим символам, но и объяснить, какие из ее объектов являются фундаментальными, а какие нет, и как все они связаны с реальностью и наблюдателями.<sup>3</sup>

Основные разделы философии, которые занимаются проблемами реальности, в том числе возможной реальности, это онтология и метафизика.<sup>4</sup> Метафизика в современной

---

<sup>2</sup> Описание некоторых таких попыток (см. Печенкин, 1999, 2000; Севальников, 2006, с. 129; Wilson, 2006).

<sup>3</sup> О роли моделей и интерпретаций в науке (см. Степин, 1999; Frigg and Hartmann, 2012).

<sup>4</sup> Эти понятия часто воспринимаются как синонимы. В российской и европейской континентальной философской традиции термин метафизика используется больше в историческом контексте. Англоязычная

аналитической философии занимается вопросами бытия и небытия, существования и реальности, универсалий и индивидуальностей, возможности и актуальности, бытия Бога, причинности и свободы воли, материи и сознания, пространства и времени (Loux and Zimmerman, 2005). Первые четыре пары проблем часто объединяют в рамках онтологии. Области философии, изучающие возможный и актуальный модусы реальности, иногда называют модальной онтологией или метафизикой модальностей, где под модальностями понимают возможность (может быть), невозможность (не может быть), необходимость (не может не быть) и случайность (может быть или не быть).

Тема возможной реальности имеет богатую историю в философии (Гайденко, 1980; Лосев, 1993; Семенюк, 2014). Если онтология – это скорее наука о сущем как сущем, о самых общих и абстрактных принципах бытия, то современная метафизика, особенно в рамках аналитического подхода, больше интересуется проявлениями сущего в конкретных вещах и явлениях. Особую популярность метафизика модальностей приобрела с начала 1970-х годов прошлого века, когда была разработана семантика возможных миров для модальных логик (Hintikka, 1970; Kripke, 1980). Одними из центральных тем в современной метафизике стали проблемы возможного и актуального существования вещей или событий, чистых возможностей (*possibilia*) и возможных миров (Хоружий, 1997; Bird, 2006; Yagisawa, 2014). В метафизике модальностей, кроме прочего, изучается разница между понятиями «быть», «существовать» и «быть актуальным»; выясняется, почему только некоторые возможные события становятся актуальными, и что происходит с нереализованными возможностями. В теориях возможных миров исследуется вопрос, как миры связаны друг с другом и с актуальным миром или мирами (Adams, 1974; Lewis, 1986; Fine, 1994; Divers, 2002; Armstrong, 1997, *Возможные миры*, 2011). Отдельная дискуссия посвящена различению типов возможности и необходимости (Fine, 2002; Vaidya, 2011). Ряд авторов рассматривает связь вероятностной причинности с теорией пропензетивности как реализации предрасположенностей или диспозиций (Казютинский, 2006; Popper, 1990; Suárez, 2011).

Существует несколько способов использования достижения современной метафизики в конкретных науках (Mumford, 2013). Согласно реалистическому подходу, метафизика говорит нам не о том, что существует на самом деле, а о том, что может существовать, но пока не обнаружено в наблюдениях (а возможно, и не может быть обнаружено), или о том, что может стоять за наблюдениями. С точки зрения

---

аналитическая философия первоначально отрицала метафизику, но, в конечном счете, вернулась в ней как области познания структуры и содержания реальности путем анализа того, как мы об этой реальности говорим (см. Макеева, 2011; Loux and Zimmerman, 2005).

прагматического подхода, специалист по метафизике изучает текущую ситуацию в физике, и на основе анализа прежних достижений философии выдвигает и сравнивает гипотезы, наиболее подходящие в данный момент, при этом он ни на чем не настаивает. В этой статье мы воспользуемся прагматическим подходом и попытаемся сравнить представления о возможностях в некоторых интерпретациях КМ с концепциями модальностей в метафизике.

Структура статьи следующая. В разделе 2 дается краткая характеристика структуры теорий КМ: онтология теории, модель, математический формализм, эксперимент и их интерпретация. Подчеркиваются различия между физической и философской интерпретациями. В разделе 3 перечислены исторические примеры метафизических концепций перехода от потенциально-возможного к актуальному, рассмотрены основные направления дискуссии в современной аналитической метафизике модальностей. Раздел 4 посвящен использованию модального подхода в КМ. Описана разница в понимании физического и эпистемологического типов возможностей при объяснении классических и квантовых явлений. Несколько интерпретаций КМ переформулированы с учетом основных концепций метафизики модальностей. В разделе 5 рассмотрены некоторые аналогии между концепцией Лейбница о стремлении к существованию соревнующихся возможностей, волновой механикой Шредингера и интегралом по траекториям Фейнмана.

## **2. Модели и интерпретации в квантовой механике**

Теория, описывающая поведение квантовых объектов, содержит в себе не только математический формализм, но и некую модель, построенную на небольшом количестве понятий и аксиом для идеализированных физических или абстрактных объектов. Предполагается, что эти объекты подчиняются определенной логике и взаимодействуют по неизменным правилам. Первоначально модель может строиться как гипотеза, затем на ее основе выписываются уравнения, математические объекты которых сопоставляются с объектами модели. На следующем этапе модель и ее уравнения испытываются на способность предсказывать наблюдения. Если предсказания ошибочны, тогда модель или уравнения (или и то и другое) корректируются.

Помимо предсказания, у теории есть другая, не менее важная функция - объяснительная. Если опыт в большей части случаев соответствует предсказаниям, физикам зачастую хочется выяснить, почему именно эта модель и именно этот формализм оказались успешнее других. Первое и естественное желание - использовать для такого объяснения саму модель и ее уравнения. Однако такой прагматический подход помогает не всегда, несмотря на успешные предсказания. На это есть три причины.

Во-первых, модели и их формализмы часто заимствуются из других физических теорий, чьи абстрактные и физические объекты «не работают» в новой модели. Дело в том, что хорошая физическая теория кроме модели и уравнений включает в себя, так называемую *онтологию теории*.<sup>5</sup> В ней говорится, какие объекты следует полагать существующими, а также даются общие представления об окружающей реальности. Как известно, часть моделей КМ были заимствованы из волновой оптики, аналитической механики и теории электромагнитного поля. Заимствованию не помешало то, что представления о реальности в этих теориях существенно отличаются. Строго говоря, единственным аргументом была лишь метафизическая убежденность конкретных физиков в единстве и аналогии законов природы. Во-вторых, формализм новой теории часто использует новые абстрактные объекты, в том числе математические, которые хотя и имеют аналоги в уравнениях других теорий, но труднообъяснимы в рамках старых моделей. В КМ это относится к кванту действия, волновой функции, фазе амплитуды вероятности, квантовым операторам, Гильбертову пространству, квантовой суперпозиции или запутанности. В-третьих, у одной и той же теории может существовать несколько моделей, каждая со своим формализмом<sup>6</sup>, а иногда и со своей онтологией.

Попытка приспособить старые модели с их абстрактными объектами, аксиомами и правилами к объяснению новой модели и нового формализма часто ведет к парадоксам. Несмотря на это, менять сами модели физикам нет необходимости, во всяком случае, до тех пор, пока они хорошо «работают». В теориях КМ модели принято формулировать в виде нескольких очень абстрактных постулатов (см. Гриб, 2013), и рано или поздно возникает необходимость в их интерпретации. Основные задачи интерпретации можно сформулировать так: (а) выяснить, какие природные явления скрываются за уравнениями; (б) описать все части теории в категориях существования и реальности; (в) объяснить связь этих частей с экспериментом, включающим операции приготовления и измерения. Отсюда можно предположить, что полная теория - это совокупность теоретической части (онтология теории плюс модель), формализма (математическая модель), эксперимента и их интерпретации.<sup>7</sup> И действительно, без адекватной интерпретации мы не можем быть до конца уверены, что наши уравнения не случайно совпали с наблюдениями или были

---

<sup>5</sup> Первоначально это понятие было предложено Куайном (2000) для полной замены онтологии как части философии, в том смысле, что без теории нет онтологии.

<sup>6</sup> Некоторые авторы (Липкин, 2010; Yourgrau and Mandelstam, 2000) считают, что если разные формализмы эквивалентны математически, то они опираются на общую модель. Однако можно показать, что формализмы Ньютона, Гамильтона и Лагранжа в классической механике или формализмы Гейзенберга, Шредингера и Фейнмана в квантовой механике соответствуют разным моделям (см. Фейнман, 1968; Полак, 2010).

<sup>7</sup> Подробнее об особенностях использовании моделей в квантовой механике (см. Стёпин, 2000, с. 248-330).

подогнаны под них. Однако одной интерпретации недостаточно, она сама, как любая часть теории, нуждается в подтверждении опытом. Если же этого не происходит, физики или корректируют модели, или создают новые интерпретации. И чем труднее объяснить связь всех частей теории, тем больше возникает интерпретаций. Похоже, именно это происходит с КМ и квантовой теорией поля.

В интерпретации теории можно выделить два аспекта. Для моделей и уравнений достаточно интерпретации физической, основная задача которой - придать физический смысл понятиям и математическим символам. Для этого их соотносят с привычными физическими объектами, например, с частицами, полями, энергией или пространством. Онтология теории больше нуждается в философской интерпретации, задача которой - придать языку, объектам и уравнениям теории четких онтологически оснований, объясняющих, какие объекты являются фундаментальными, а какие нет, а еще как все это связано с реальностью и наблюдателями. Пытаясь дать подобную интерпретацию теории, физики, часто неосознанно, обращаются к универсальным категориям, таким как существование, индивидуальность, отношение, состояние, необходимость, возможность, актуальность; а также к универсальным принципам, например, единства, симметрии, причинности, непротиворечивости и другим. Но как известно, все перечисленное является предметом изучения метафизики или онтологии.

Не все физики считают полезным обращение к философии. Для многих из них физика – единственный надежный источник знаний о природе, а значит, онтология физики эквивалентна всей онтологии и всей метафизике. В отличие от наивного реализма, согласно которому большинство наблюдаемых объектов существует реально, сторонники подобного научного реализма (Chakravartty, 2014) считают, что теория говорит о вещах и явлениях, которые существуют и происходят на самом деле, и именно поэтому мы должны верить в истинность теории. Против такого взгляда есть ряд серьезных возражений (Dewitt, 2013): (а) в прошлом многие хорошие теории оказывались ошибочными; (б) эксперименты всегда имеют ограниченный характер; (в) в основе каждой теории лежат идеализации и абстракции, в том числе метафизические, а значит, законы теории верны только для ее моделей.<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> Ван Фраасен (van Fraassen, 1980) утверждает, что далеко не каждая теория, хорошо согласованная с экспериментом (эмпирически адекватная), описывает истину, например, понятия электрона или гравитационного поля очень удобны, но это не значит, что они существуют в реальности. Дирак (Dirac, 1980) считал, что хорошая физическая модель подтверждается нашей способностью использовать ее для расчетов, которые мы можем проверить экспериментально, но одновременно признавал, что реальное основание нашей веры в теорию не лежит только в экспериментальных доказательствах, скорее красота теории заставляет верить в нее.

Как показала история КМ, одна и та же работающая теория одновременно может иметь не только несколько моделей со своими формализмами, но и несколько интерпретаций. Возьмем, к примеру, три математически эквивалентных формализма, в основе каждого из которых лежит своя абстрактная модель. Уравнения Гейзенберга опираются на модель, согласно которой физические характеристики частиц описываются матрицами операторов координат и импульсов, изменяющимися во времени. Соглашаясь в целом с Копенгагенской интерпретацией, Гейзенберг (1987, с. 222-223) добавил к ней метафизическую идею Аристотеля о переходе из возможного состояния в актуальное. Создатель волновой механики, Шредингер соглашался с моделью Де Бройля, говорящей о волновой природе всех объектов. Опираясь на аналогию с уравнением Гамильтона-Якоби из аналитической механики, Шредингер связал волновую функцию с классическим действием. Эта аналогия не была угадана, поскольку он был твердо убежден, что волновая функция связана с реальными волнами, несущими электрический заряд и однозначно описывает эволюцию квантовой системы (Шредингер, 1976, с. 229-238; Полак, 2010, с. 564). В основе интеграла по траекториям Фейнмана лежит геометрическая модель сложения вращающихся стрелок, символизирующих амплитуду вероятности отдельных возможных траекторий квантовой частицы. Оказалось, что вероятности квантовых событий можно найти не только решая уравнение Шредингера, но и суммируя (интегрируя) вклады всех возможных в данных условиях амплитуд вероятностей, а потом возводя их в квадрат (Фейнман и Хибс, 1968, с. 41). Пытаясь как-то интерпретировать свою модель, Фейнман использовал аналогию с вариационными принципами механики, представляя частицу, одновременно перемещающуюся вдоль всех альтернативных виртуальных траекторий.

Несмотря на то, что все три формализма хорошо согласуются с опытом, модели и интерпретации, использованные их создателями, явно недостаточны для объяснения природы квантовой вероятности, смысла волновой функции и ее «скачка» в момент измерения. Безусловно, волновая интерпретация Шредингера очень наглядна, но она не объясняет наблюдаемый путь отдельной частицы, ведь волны должны рассеиваться, что противоречит эксперименту. Еще труднее обнаружить какой-то смысл в сложении стрелок по методу Фейнмана.

### **3. Модальности в онтологии и аналитической метафизике**

Тему перехода от потенциального–возможного существования в актуальную реальность исследовали многие известные философы. Аристотель (Метафизика, V, 12; XII, 2) считал, что все изменяется из существующего в возможности в существующее

в действительности. В его конструкции возможность или способность (динамис) посредством деятельности (энергейя) переходит в действительность-осуществленность (энтелехия).<sup>9</sup> В средневековой схоластике динамис и энергейя были переведены на латынь как потенция и акт. Согласно Аквинскому (Сумма против язычников, I, 16, цит. по: Антология мировой философии), все, что есть в мире, переходит из потенции в акт, но того, что есть в потенции, еще нет, и потому оно не может действовать. Отсюда, кстати, Аквинский выводил необходимость существования Бога. Кузанский (1980, с. 167) писал, что из возможности происходит действительность, а из того и другого появляется движение, являющееся связью возможности и действительности.

Лейбниц объединил сразу две концепции возможностей. Согласно первой, для Бога есть бесконечное множество возможных миров, и мы их можем осознавать, поскольку бытие, по Лейбницу, присуще всему, что можно помыслить, однако существует далеко не все. По воле Бога актуализируются только один мир – наиболее совершенный. Другая его концепция посвящена соревнующимся возможностям (Лейбниц, 1982, с. 234-235), в дальнейшем мы рассмотрим ее подробнее. Кант (1994, с. 170) трактовал возможность и действительность в качестве априорных категорий модальности: что согласуется с формальными условиями опыта, то возможно; что согласно с материальными условиями опыта, то действительно; то, связь чего с действительным определена согласно общим условиям опыта, существует необходимо. Гегель (1975, с. 318) говорил о возможности и случайности как о моментах действительности, причем возможность – это внутреннее, а случайность – внешнее действительности. Только реализованная возможность, по Гегелю, обретает все параметры существования в качестве действительности. Гартман (1988, с. 322) называл центральным модусом идеального бытия не действительность, а возможность. Причем каждая из многих возможностей сама по себе является совершенно определенной. Неопределенной является лишь судьба отдельной возможности, ее реализация. Основоположник философии процесса Уайтхед (Whitehead, 1969) утверждал, что «действительные происшествия, из которых складывается мировой процесс, представлены как воплощения других вещей, образующих потенциальные формы определенности для каждого действительного существования».

Продолжая традицию немецких философов, советская диалектическая школа рассматривала действительность отдельного объекта как его актуальное бытие в конкретных качественных и количественных, пространственных и временных характеристиках. Предполагалось, что каждая конкретная возможность может быть

---

<sup>9</sup> Данная схема условна, поскольку в V и IX книгах *Метафизики* Аристотель (2002) использует одни и те же термины в разных смыслах.



вполне определена, но в силу того, что материальный объект имеет множество конкурирующих возможностей, изменению объекта присуща некоторая неопределенность. В качестве меры осуществимости отдельной возможности предлагалось использовать категорию вероятности (Бранский и Ильин, 1985).

Вопрос природы возможностей и возможных миров приобрел особую научную и философскую популярность после разработки семантики возможных миров для модальных логик, где в качестве значений предложений принималась их истинность или ложность не только в действительном, но и во всех возможных мирах (Hintikka, 1970; Kripke, 1980). Под возможными мирами стали понимать любые непротиворечивые совокупности возможностей, возможных объектов или состояний дел. Философы аналитической традиции стали уделять особое внимание соотношению бытия, существования и реальности возможных состояний в различных возможных мирах (Adams, 1974; Loux, 1979; Lewis, 1986; Fine, 1994; Armstrong, 1997; Divers, 2002). Чтобы подчеркнуть разницу между логикой и метафизикой, модальности часто делят на два типа: *de Dicto* и *de Re*. Первый тип – это модальности, выраженные в языке и логике, как характеристики суждения по степени фиксируемой в нем достоверности описываемых положений дел и событий. Второй тип модальностей присущ самим вещам и явлениям независимо от нашего языка. В этой статье нас больше интересует не язык, а непосредственно квантовые объекты, поэтому мы сосредоточимся на модальностях второго типа.

Один из важных результатов дискуссии в метафизике модальностей заключается в различении типов возможности и необходимости (Fine, 2002; Vaidya, 2011). Когда говорят об эпистемологической возможности, обычно подразумевают, что какое-то событие или состояние объекта не противоречит знанию конкретного субъекта (человек предполагает их возможность). Эпистемологическая необходимость означает, что противоположное событие или состояние объекта противоречит знанию субъекту (человек уверен). Логическая возможность состояния означает, что оно не противоречит аксиомам некоторой системы утверждений. Логическая необходимость прямо следует из аксиом этой системы в соответствии с ее правилами, которые, кстати, могут быть не только правилами классической логики. Метафизически возможное состояние возможно по своей сущности или истинно в одном из метафизически возможных миров. Метафизическая необходимость говорит о сущности или истинности во всех метафизически возможных мирах. Для номологически возможных состояний достаточно не противоречить общим законам природы, например, тому, что причина предшествует следствию. Номологически необходимые состояния прямо следуют из таких законов, а противоположные состояния

противоречат им. Физически возможное состояние не противоречит общим физическим законам, например, специальной теории относительности или второму началу термодинамики, соответственно физическая необходимость прямо из них следует.

Считается (Vaidya, 2011), что физическая область возможных событий и состояний уже, чем метафизическая и логическая области. Например, путешествие во времени возможно логически, и даже возможно в некоторых метафизических концепциях, но невозможно физически. Уравнения КМ допускают одновременное существование частицы в альтернативных состояниях, но это невозможно в классической логике. Соотношение области эпистемологических возможностей с другими областями зависит от ответа на вопрос, что описывает научная теория и ее уравнения: только наше знание или же саму реальность. Научный реалист ответит на это, что теория описывает реальность, а значит, эпистемологическая возможность есть отражение физической и метафизической возможностей. Сторонники конструктивного эмпиризма (van Fraassen, 1980) допускают, что реальность может сильно отличаться от самой хорошей теории, а значит, область эпистемологической возможности может быть как уже, так и шире областей физической и метафизической возможностей, поскольку, с одной стороны наше знание всегда неполно, с другой, наши фантазии безграничны.

Согласно широко распространенному мнению, любой объект является актуальным. Отсюда часто делается вывод, что не актуальных или возможных объектов просто не существует. Согласно другому консервативному взгляду, любой объект по определению является существующим объектом. В метафизике модальностей рассматриваются более сложные концепции (Rescher 1975; Lowe, 1998; Divers, 2002), которые, можно разделить на две большие группы: реализм и анти-реализм или номинализм. В реалистическом подходе каждая возможность рассматривается, как нечто, существующее в реальности; она представляется категорией онтологической и космологической. Анти-реализм, наоборот, отрицает существование и реальность возможностей и возможных миров. И те и другие объявляются созданием нашего ума и существуют только как имена, фикции или теоретические построения. В частности, Крипке (Kripke, 1980) утверждал, что термин «возможный мир» является лишь инструментом языка, полезным для визуализации концепции возможности.

Обычно в аналитической философии термины *бытие* и *существование* употребляются как синонимы, но когда необходимо провести между ними различие, то существование трактуется как один из способов или *модусов бытия* (Макеева, 2011). Один из критериев, по которому можно классифицировать современные концепции

модальностей и возможных миров, это соотношение понятий *бытие, существование и актуальность*. Дадим их краткую характеристику.

*Модальные реалисты* (Lewis, 1986) утверждают, что бесконечное число возможных миров существуют в реальности, и они так же актуальны, как наш мир. Наш мир - один из многих, а значит, возможные события и объекты существуют не менее чем актуальные. Для удобства вводится принцип относительности: объекты других возможных миров для нас, жителей этого мира, являются возможными, хотя для жителей своего мира они вполне актуальны.

В концепции *поссибилизма* возможные объекты и возможные миры обладают бытием, поэтому некоторые из них могли бы существовать в физическом мире. Однако только один физический мир существует как актуальный, и только он состоит из актуальных объектов, которые существуют в этом мире.

Для *диспозициональных эссенциалистов* (Ellis, 2001; Bird, 2006) мир это что-то вроде конгломерата объектов и их диспозиций. Диспозиция – это объективная потенция или предрасположенность к определенному исходу, которая существует для всех или для некоторых фундаментальных свойств объектов. В отличие от категориальных свойств объектов диспозициональные свойства не полностью проявляются в настоящем. Любой объект, обладающий диспозиционной сущностью, при определенных условиях предрасположен проявить свою потенцию в каком-нибудь возможном мире.

*Актуалисты* (Adams, 1974) отрицают реальность возможных объектов и заявляют, что все, что обладает бытием, существует как актуальные вещи. Нет ничего, что не было бы актуальной вещью, а физическое существование равно бытию. Возможные миры являются не более чем лингвистическими конструкциями или абстрактными состояниями, в которых может находиться единственный актуальный мир. Некоторые приверженцы актуализма (Plantinga, 1974) говорят о еще не актуализированных индивидуальных сущностях. Это означает, что каждый объект имеет некую индивидуальную сущность, независимую от самого объекта, как актуального, так возможного. Другая версия актуализма – *комбинаторизм* (Armstrong, 1997) - рассматривает возможные миры как рекомбинации свойств и отношений объектов или состояний дел одного актуального мира.

Каждая из перечисленных концепций сталкивается с трудностями. Реалисты, например, не могут объяснить, как возможные миры связаны друг с другом, как они возникают и становятся актуальными. Анти-реалисты решают проблему того, как конкретные возможности переходят в актуальный мир или что происходит с возможными объектами и мирами, которые не смогли стать актуальными. Но, несмотря на все

трудности, нет сомнения, что многочисленные результаты исследований в метафизике модальностей можно с успехом использовать при анализе интерпретаций КМ. Примеры такого использования будут даны ниже.

#### **4. Модальности в интерпретациях квантовой механики**

Один из уроков исследования модальностей состоит в том, что говоря о возможностях применительно к квантовым явлениям, мы всегда должны уточнять, какой тип возможности имеется в виду. Для примера рассмотрим три варианта соотношения эпистемологической и физической возможностей. Когда мы говорим, что возможно в соседней комнате находится десять стульев и вероятность этого составляет 70%, мы оцениваем степень нашего знания или, наоборот, степень незнания. Такая оценка основана не только на жизненном опыте, но и на знании физической возможности данного факта. С физической точки зрения, в конкретный момент времени эти стулья там уже или есть, или нет, и это необходимый факт, независимый от нашего знания. Войдя в комнату и увидев стулья, мы изменим степень эпистемологической возможности, но на физическую возможность и необходимость это не повлияет.

Когда синоптики используют ансамблевый прогноз и говорят, что вероятность дождя завтра 70%, это означает, что из всех рассчитанных компьютером сценариев только 70% заканчиваются дождем. В отличие от случая со стульями, мы оцениваем будущее событие, и эта оценка основана на статистике дождей в предшествовавшие дни. С эпистемологической и физической точек зрения дождь возможен, но вероятность этих возможностей разная, поскольку при расчете сценариев погоды мы не могли учесть все факторы. В этом случае эпистемологическую возможность уже нельзя соотносить только с мерой незнания, так как физически дождь завтра не является необходимым.

Если мы говорим, что вероятность зарегистрировать фотон в конкретной точке экрана равна 70%, это значит, что расчет уравнений КМ для одиночного фотона дал такую величину. Если уравнения адекватны опыту, то эпистемологическую возможность в какой-то степени можно считать равной физической. Но между ними есть принципиальная разница. Для проверки эпистемологической возможности необходимо измерить распределение вероятностей путем регистрации большого числа фотонов в серии опытов. Физическая же возможность и ее мера - амплитуда вероятности - существуют даже для одиночного фотона, независимо от поведения других фотонов и нашего знания об этой возможности. Как и в случае с дождем, эпистемологическую возможность обнаружения фотона нельзя соотносить только с мерой незнания. Но в отличие от физической возможности дождя, которая определяется цепью будущих

случайных событий, для фотона физическая возможность определяется его текущим состоянием, точнее суперпозицией множества возможных состояний.

В разных интерпретациях КМ используются разные типы возможностей. Например, в Копенгагенской интерпретации Бора рассматривалась эпистемологическая возможность и физическая необходимость; Фок рассматривал скорее физическую возможность и необходимость; многомировая интерпретация пытается объединить физическую возможность с метафизической необходимостью; большинство модальных интерпретаций тяготеет к метафизическим возможности и необходимости.

Чтобы внести больше ясности в наши рассуждения, введем понятие квантовой возможности по аналогии с физической возможностью, рассмотренной выше. Пусть квантовое событие, состояние или история являются возможными, если они не противоречат законам КМ. Соответственно квантовыми возможными мирами будем называть совокупности возможных состояний или историй квантовых частиц (полей), обладающих некоторыми общими свойствами.

Чтобы продемонстрировать, как достижения метафизики модальностей можно использовать для анализа интерпретаций КМ, переформулируем основные концепции возможностей и возможных миров применительно к квантовым объектам и их состояниям. Затем переформулируем некоторые интерпретации в модальных терминах.

С точки зрения анти-реалистического или номиналистского подхода, возможные состояния и истории квантовых частиц (полей) существуют только в моделях и формулах, которые выведены из опыта как инструменты теоретического изучения актуального мира, а значит, не имеют независимой жизни. В анализе возможных миров такой подход сочетается с *актуализмом*: существует только один актуальный классический мир; квантовый возможный мир не существует никак – это просто совокупность возможных состояний (историй) квантовых частиц (полей) как возможных сценариев или состояний дел, которые потенциально содержатся в актуальных состояниях классических объектов.

Интересно, что по отношению к возможностям полностью анти-реалистических интерпретаций не так много. В первую очередь к ним можно отнести Копенгагенскую интерпретацию в версии Бора, согласно которой говорить о реальности возможных состояний квантовых частиц до измерения бессмысленно, поскольку они существуют только в формулах.<sup>10</sup> Единственный актуальный мир создается в результате измерения, а «коллапс волновой функции» описывает не изменение реальности, а изменение нашего знания о ней. Поэтому квантовые и макрообъекты описываются принципиально разным

---

<sup>10</sup> В некоторых высказываниях Бор все-таки признавал объективное существование частиц (см. Мамчур, 2014).

языком (принцип дополнительности). Квадрат волновой функции интерпретируется как вероятность обнаружения объекта в конкретном месте пространства. В отличие от классической, квантовая вероятность не является следствием неполноты нашего знания, а описывает объективную характеристику квантовых объектов, пусть даже в экспериментах эта характеристика проявляется как частота или распределение вероятностей событий в многократных опытах.

В многочисленных версиях статистической или ансамблевой интерпретации КМ (Печенкин, 2004) предполагается, что вероятностные законы КМ лишь удобное средство для описания единственной и однозначной актуальной реальности. В момент измерения фиксируются не индивидуальные характеристики отдельных частиц, а статистические характеристики их совокупности. Интересно, что, несмотря на принципиально разные взгляды на природу квантовой вероятности, и Копенгагенская, и статистическая интерпретации близки к метафизической концепции актуализма.

Если в рамках метафизики модальностей встать на противоположную – реалистическую позицию, то следует признать, что возможные состояния (истории) квантовых частиц (полей) существуют независимо от нашего разума. Например, с точки зрения эссенциального диспозиционализма возможные состояния квантовых частиц (полей) будут являться манифестацией их объективных предрасположенностей или потенций. В анализе возможных миров такой подход сочетается с двумя концепциями. Для модальных реалистов квантовый возможный мир предстает совокупностью возможных состояний (историй) квантовых частиц (полей), существующих так же актуально, как наш мир для нас. Для сторонников POSSIBILISMA квантовый возможный мир онтологически есть совокупность потенциальных состояний (историй) квантовых частиц (полей), которые еще не реализовались и не существуют актуально в нашем единственном мире.

Интерпретаций, где подразумевается та или иная степень существования квантовых возможностей, довольно много. Перечислим только некоторые из них. Интерпретации Гейзенберга и Фока близки к точке зрения Бора, но отличаются отношением к возможным квантовым состояниям. Гейзенберг считал, что математические законы квантовой теории вполне можно считать количественной формулировкой аристотелевского понятия «динамис» или «потенция», а понятие «возможность» занимает промежуточное положение между понятиями объективной материальной реальности и субъективной реальности. Он признавал, что квантово-теоретическая вероятность обладает частичной объективностью, но если ее истолковать как меру частоты, она будет иметь значение только по отношению к совокупности мысленно представимых событий (Гейзенберг,

1987, с. 223). В отличие от Гейзенберга, Фок считал, что «описываемое волновой функцией состояние объекта является объективным в том смысле, что оно представляет объективную (независящую от наблюдателя) характеристику потенциальных возможностей того или иного результата взаимодействия атомного объекта с прибором» (Фок, 1957). По словам Фока (1967, с. 179), в опыте осуществляется один из потенциально возможных результатов, предусмотренных первоначальной волновой функцией, и этому результату соответствует новая волновая функция, а вероятность того или иного поведения объекта в данных условиях есть численная оценка потенциальных возможностей этого поведения.<sup>11</sup> Такой взгляд вполне согласуется с концепцией POSSIBILISMA.

Похожую идею развивает Севальников (2009) в полионтичной или многомодусной модели КМ. Он рассматривает понятие «сосуществующих возможностей», означающее, что одна возможность может пересекаться с другой или включать ее в себя (Там же, с. 98). Динамическое, непрерывное изменение волновой функции в уравнении Шредингера, согласно Севальникову, описывает происходящее на уровне «потенциальных возможностей», или то, что еще действительно не существует, не актуализировалось. Только во время измерения, когда вмешивается «иное», скажем прибор, происходит осуществление, актуализация возможного. Таким образом, уравнение Шредингера описывает грань между уровнем бытия возможного и бытия действительного. Аппарат классической физики описывает классический мир, то есть мир актуальный, явленный, в то время как математический формализм квантовой механики описывает становление (Там же, с. 143).

В свое время, при создании волновой механики, Шредингер не согласился с Гейзенбергом в том, что наблюдаемый путь отдельной частицы есть результат превращения одной из возможных траекторий в действительную. Шредингер объяснял действительную траекторию совокупностью или полем всех возможных траекторий. По его мнению (Шредингер, 1976, с. 229-238) в бесконечном множестве возможных траекторий ни одна не имеет преимущества быть осуществленной в конкретном случае, все они равнореальны. Такой взгляд тоже близок к POSSIBILISMA, но вместо реализации одного суммируются все перепутанные возможные состояния, и происходит это благодаря резонансу или интерференции (Там же, с. 261-284).

В своей пропензитивной интерпретации Поппер исходил из объективного понятия вероятности как возможности или потенции в смысле философии Аристотеля (Печенкин,

---

<sup>11</sup> Подробнее о разнице взглядов Гейзенберга и Фока (см. Севальников, 2009, с. 120-127).

2002). По Попперу (1998, с. 17), квантовая реальность – это реальность не актуальных, всегда имеющих свойств объектов, а реальность их предрасположенностей к некоторому поведению, причем предрасположенности так же реальны как силы или силовые поля. Такой взгляд близок к современной концепции эссенциального диспозиционализма. В теории Бома (1952) предполагается объективно существующее скрытое и нелокальное в пространстве-времени поле квантовых потенциалов. Оно зависит от положения всех частиц сразу и влияет на актуальную траекторию частиц. Согласно концепции «голодвижения» (Бом, 1980), любое измерение или взаимодействие извлекает объекты из непроявленного и запутанного состояния целостного единства. Именно в этот момент мы воспринимаем объект как реальный, хотя он существовал и до измерения. Как только взаимодействие прекращается, объект возвращается в имплицативное состояние мирового целого. Если нелокальное поле потенциалов и непроявленное имплицативное целое рассматривать как аналог сферы возможного, тогда идеи Бома во многом соответствуют положениям POSSИБИЛИЗМА.

Считается, что Фейнман не формулировал отдельной интерпретации КМ, он даже подчеркивал, что никому не удалось отыскать механизма, который прячется за ее законами (Фейнман, 2004, Вып. 3, с. 207). Одновременно, в ряде работ он все-таки давал объяснения своего формализма интеграла по траекториям. По его словам, фотоны действительно следуют по всем возможным взаимоисключающим траекториям, а сложение их амплитуд вероятностей вовсе не пустая игра в математику (Фейнман, 2014, с. 49, 54). Кроме опытов со светом, такому взгляду на реальность возможных траекторий способствовала аналогия с принципом наименьшего действия классической механики. По Фейнману, в этом принципе частица «чуёт» все соседние пути и выбирает тот, вдоль которого действие  $S$  минимально. И если забыть обо всех этих амплитудах вероятностей, «частица и впрямь движется по особому пути – именно по тому, по которому  $S$  в первом приближении не меняется. Такова связь между принципом наименьшего действия и квантовой механикой» (Фейнман, 2004. Вып. 6, с. 111-112). Если то, что Фейнман называл альтернативными траекториями, рассматривать как возможные траектории, вдоль которых «перемещается» (никакой классической траектории, конечно, нет) квантовый объект, тогда актуальная траектория является их суммой, а точнее, суммируются амплитуды вероятностей возможных траекторий и их комплексные фазы.

В интерпретации КМ через согласованные или декогерентные истории (Gell-Mann and Hartle, 2012) из всех альтернативных квантовых историй (аналог траекторий Фейнмана) выделяется некоторый пучок крупномасштабных согласованных историй, которые из-за декогеренции или «запутывания с окружением» почти не интерферируют,



поэтому их вероятности можно складывать по классическим правилам. Эти истории ведут себя как квазиклассические в пространстве времени, таким образом, классические уравнения движения рассматриваются как предельный случай квантовых законов. Реальность квантовых историй до их декогеренции не зависит от измерения или наблюдателя, а значит, они могут рассматриваться как возможные истории, при определенных условиях переходящие в актуальные. Сторонники этой интерпретации не используют модальных терминов, однако подобный взгляд близок к possibiliзму, при условии, что вместо реализации одной из множества историй рассматривается механизм декогеренция целого пучка возможных историй.

Цурек (2003), изучая механизм декогеренции с окружением, предложил свою интерпретацию КМ, назвав экзистенциальной. В ней он попытался объединить две, казалось бы, противоположных точки зрения: (а) реальность - это только наше знание, как в Копенгагенской интерпретации, и (б) реальность - это онтологическая сущность. Цурек предположил, что возможные состояния или истории квантовых объектов отбираются и получают актуальное существование с помощью декогеренции через обмен информацией с окружением. Этот обмен информацией существует объективно, именно он является причиной любых изменений и взаимодействий. Сама информация - это первичная сущность, а не только знания человека, а значит для выхода одного из альтернативных состояний из квантовой суперпозиции важен не факт получения информации наблюдателем, а само наличие такой возможности.

В многомировой интерпретации КМ (Saunders, 2010) предполагается, что любое измерение частиц расщепляет их на копии, каждая из которых реально существует в своем параллельном мире или проекции Вселенной. На первый взгляд, эта интерпретация напоминает концепцию модального реализма в метафизике возможных миров (Льюис, 1986), где все возможные миры существуют и являются относительно актуальными. Однако сходство обманчиво, и об этом писал сам Льюис (Lewis, 2004). В модальном реализме возможные миры (вселенные) развиваются независимо друг от друга, в них даже возможны разные законы. В многомировой интерпретации возможный мир – это одна из ветвей эволюции событий внутри единственной Мультивселенной, все ветви которой имеют общий источник и общие законы, но разделены из-за декогеренции с окружением. Мультивселенная представляется в виде квантовой суперпозиции всех своих ветвей или миров. Интересно, что создатель этой интерпретации Эверетт (Everett, 1957) прямо отрицал любую аналогию с переходом возможности в актуальность, принятую в possibiliзме.

В последние десятилетия возникло целое семейство интерпретаций, которые их авторы прямо называемых модальными. Квантовое состояние системы в них понимается как описание коллекции возможностей, представленных компонентами в смешанном квантовом состоянии. Несмотря на различия, все модальные интерпретации основаны на стандартном формализме КМ, за исключением проекционного постулата, предусматривающего «коллапс волновой функции» (Печенкин, 2000; Lombardi and Dieks, 2014). Ван Фраассен (van Fraassen, 1991) первым предположил, что у квантовой системы есть два состояния – динамическое и состояние-свойство. Динамическое состояние определяет то, какими физическими свойствами может обладать система, и каковы соответствующие им вероятности. Для изолированной системы, это состояние развивается по уравнению Шредингера (в нерелятивистском случае) и не разрушается в процессе эволюции, поэтому модальную интерпретацию иногда называют одномировой версией многомировой интерпретации. Состояние-свойство характеризует актуально существующие физические свойства системы, которые точно определены в любой момент времени. Процесс измерения, как и любое физическое взаимодействие, случайным образом обнаруживает (но не создает, как у Гейзенберга) одно из возможных состояний-свойств и тем самым делает его актуальным. Модальность не рассматривается как результат неполноты описания, наблюдатель не играет особой роли, а квантовая теория считается фундаментальной не только для частиц, но и для макрообъектов. Таким образом, квантовый формализм не говорит, что актуально происходит в физическом мире, а только дает нам перечень возможностей и их вероятностей (Dieks, 2007).

С точки зрения Бене и Дикса (Bene and Dieks 2002, Dieks 2010), свойства физической системы определяются по отношению к другим физическим системам. Подобные реляционные описания, произведенные с разных точек зрения, в равной степени объективны и все соответствуют физической реальности, которая и сама имеет реляционный характер. Модальности в такой интерпретации становятся лишь удобным инструментом описания актуального мира и не имеют собственного существования. Такой взгляд ближе к актуализму, поскольку возможные состояния-свойства существуют в рамках актуального мира и случайно нами обнаруживаются.

В другой версии модальной интерпретации (Lombardi and Castagnino, 2008) определяющую роль в том, какое состояние-свойство станет актуальным, играет гамильтониан системы. Вводится онтология с двумя несводимыми друг к другу сферами возможности и сферой действительности. Квантовые системы относятся к сфере возможного, которая не менее реальна, чем сфера актуальности. Вероятность рассматривается как представление онтологической предрасположенности возможного

квантового события стать актуальным. Такой взгляд ближе всего к концепции POSSIBILISMA, поскольку возможные состояния-свойства реализуются в актуальный мир.

## **5. Соревнующиеся возможности Лейбница и интеграл по траекториям Фейнмана**

В качестве еще одного примера использования метафизики модальностей для интерпретации теорий КМ рассмотрим ряд интересных аналогий между концепцией Лейбница о стремлении к существованию соревнующихся возможностей, волновой механикой Шредингера и методом интеграла по траекториям. Если альтернативные виртуальные траектории в формализме Фейнмана рассматривать как возможные пути, то с точки зрения метафизики они могут иметь разное отношение к реальности. Например, с точки зрения модального реализма, эти траектории могут существовать в других возможных мирах, таких же актуальных, как наш мир. Для POSSIBILISTОВ и диспозициональных ЭССЕНЦИАЛИСТОВ траектории Фейнмана обладают некоторой степенью бытия в нашем мире, но еще не существуют в нем актуально. Актуалисты сказали бы, что траектории Фейнмана – это фикция, не имеющая ни бытия, ни существования.

Несмотря на то, что большинство теорий возможных миров основано на идеях Лейбница, в целом его метафизическая система существенно отличается от современных модальных теорий и, по нашему мнению, заслуживает отдельного изучения. В своих многочисленных работах Лейбниц развил понимание возможности Аристотелем как потенциальности, одновременно отождествляя возможность с идеальностью, что сближало его с Платоном (Майоров, 1973). Для Лейбница (1984, с. 124) актуальное – это то, что выражает существование, а потенциальное выражает только сущность. Поскольку Лейбниц был ученым не меньше, чем философом, его не удовлетворяла слишком абстрактная аристотелевская модель об осуществлении потенции через действие. Лейбниц (1982, с. 234-235) попытался представить, как этот метафизический процесс осуществления проявляется в физических процессах. Он предположил, что всякая возможная вещь или сущность (Там же, с. 283), стремится к существованию. Но не к любому существованию, а к такому, которое пропорционально количеству реальной сущности или степени совершенства вещи. Чем больше совершенства, тем больше существования. А поскольку, по словам Лейбница, «иное с иным бывает несовместимо, то иное возможное не доходит до осуществления». Таким образом, из столкновения всех возможностей осуществляется тот ряд вещей, который содержит наибольший ряд возможностей. Другими словами, возможности соревнуются друг с другом за

существование, объединяясь с как можно большим количеством других сущностей, с которыми они совместимы, согласованы или совозможны (Blumenfeld, 1973). Так «является мир, в котором осуществлена наибольшая часть возможных вещей» (Лейбниц, 1982, с. 285). Лейбниц приводит пример такого ряда вещей: «этот ряд единственный определенный, как среди линий прямая, среди углов прямой, среди фигур наиболее вместительная, а именно окружность или шар». Следующий вывод такой: поскольку возможности соревнуются друг с другом, количество существования должно быть наивозможно большим при данной вместимости пространства и времени (Там же, с. 284).

Вернемся к квантовым явлениям. Как уже было отмечено, Шредингер (1976, с. 229-238) пытался объяснять наблюдаемые траектории частиц всей совокупностью возможных траекторий, а не превращением одной из них в действительную. Если же перефразировать приведенные выше высказывания Фейнмана, его формализм интеграла по траекториям упрощенно можно описать так: в результате суммирования амплитуд вероятностей всех возможных траекторий осуществляется та, которая объединяет наибольшее число амплитуд вероятностей с близкими фазами. Единственная наблюдаемая траектория отличается от всех возможных максимумом вероятности.

Теперь сравним концепцию Лейбница с моделями Шредингера и Фейнмана, составив таблицу соответствия некоторых понятий.

<b>Метафизика Лейбница</b>	<b>Квантовая механика</b>
количество существования; мера необходимости отдельной возможности	квадрат амплитуды вероятности; вероятность
столкновение или соревнование возможностей	интерференция или сложение амплитуд вероятности
совозможные или совместимые сущности	суперпозиция согласованных траекторий
максимальное существование	наблюдаемая уникальная траектория

Интересно, что используя данную таблицу соответствий, некоторые положения концепции Лейбница можно перевести на язык КМ. Например, метафизический вывод о том, что еще не проявленные возможности всегда соревнуются и объединяются с другими сущностями, с которыми они совместимы, окажется очень похожим на утверждение: «альтернативы, которые нельзя обнаружить в опыте всегда интерферируют» (Фейнман,

Хибс с. 26). Приведем другие примеры соответствия утверждений на языке, основанном на метафизике Лейбница, и на языке современной КМ.

*Метафизика:* возможные истории имеют сущность, а значит бытие в возможном модусе, но еще не обладают существованием в актуальном модусе нашего мира, в котором они несовместимы. *КМ:* до взаимодействия эволюции альтернативных траекторий частицы описываются однозначными волновыми функциями, но ни одна из этих траекторий не существует как действительная.

*Метафизика:* каждая возможная история обладает собственной мерой необходимости, с которой эта история переходит в актуальность. *КМ:* амплитуда вероятности (и ее комплексная фаза) конкретной альтернативной траектории частицы связана с вероятностью обнаружения частицы на этой траектории.

*Метафизика:* в возможном модусе объект перемещается сразу<sup>12</sup> по бесконечному множеству всех возможных историй, совместимых в пространстве возможных событий. Возможные истории конкретного объекта совместимы друг с другом и поэтому объединяются. *КМ:* частица перемещается в Гильбертовом пространстве сразу по всем альтернативным траекториям, которые находятся в когерентной суперпозиции, поэтому их амплитуды вероятности суммируются, в волновом представлении это выглядит как интерференция.

*Метафизика:* результат объединения возможных историй отличается максимумом сущности и проявляется в актуальное существование в качестве уникальной истории. Остальные возможности остаются в возможном модусе. *КМ:* результирующая траектория частицы с максимумом вероятности является уникальной в гладком 4-х мерном пространстве-времени. Остальные альтернативные траектории продолжают участвовать в суперпозиции, но поскольку их вклад в результирующую траекторию относительно мал, они не наблюдаемы.

Предложенные аналогии можно применить не только к траекториям, но и к состояниям, тогда каждый квантовой объект можно представить как суперпозицию всех его возможных альтернативных состояний. Причем переход от множества возможных состояний к одному актуальному состоянию должен происходить при каждом взаимодействии объекта со своим окружением, которое включает как квантовые, так и макроскопические объекты. Обобщая и продолжая аналогию, можно предположить, что именно совокупность возможных движений и состояний квантовых объектов образует реальность возможную, а совокупность действительных движений и состояний образует

---

<sup>12</sup> Слово «одновременно» в данном контексте не подходит, поскольку понятие времени относится скорее к актуальному существованию.

реальность актуальную. Обе реальности существуют «параллельно», непрерывно переходя друг в друга. Такой вывод вполне соответствует общей метафизической гипотезе о том, что квантовые системы принадлежат к области возможного или потенциального бытия, а классические – к области актуального существования.

## **6. Заключение**

Интерпретации КМ, в которых предполагается, что квантовые состояния описывают возможности, можно разделить на четыре группы. В первой группе интерпретаций одна возможность становится актуальной благодаря наблюдению, иначе говоря, факт наблюдения создает реальность из возможности. Это подход Копенгагенской интерпретации, особенно явно сформулированный Гейзенбергом и Фоком и, по сути, является развитием идей Аристотеля.

Во второй группе интерпретаций считается, что каждое возможное состояние реализуется как актуальное, в то время как сам факт наблюдения или наше сознание выбирают одно из состояний в одном из миров или в одной из ветвей эволюции Мультивселенной. Это точка зрения отстаивается в многомировой интерпретации.

Третья группа, объединяющая различные модальные интерпретации КМ, утверждает, что одно из многих возможных состояний лишь обнаруживается при наблюдении, но при этом никак не изменяется. В одних версиях модальной интерпретации (Dieks, 2010) возможность сводится к действительности, что соответствует актуализму в метафизике. В других версиях (Lombardi and Castagnino, 2008) принята попперистская концепция, согласно которой возможные события составляют фундаментальную онтологическую категорию. Вероятность рассматривается как объективная мера склонности возможного квантового события к тому, чтобы стать актуальным. При этом вторая версия не отрицает первой.

Согласно четвертой группе, вся совокупность возможных состояний системы наблюдатель-прибор-объект реализуется, а мы лишь наблюдаем совокупный результат их сложения. Упрощенно говоря, актуальная действительность есть сумма всех возможностей, сосуществующих в потенциальном модусе бытия в виде квантовых объектов. Похожие идеи высказывали Де Бройль и Шредингер, к такому выводу можно прийти, рассматривая аналогию между метафизической концепцией Лейбница о соревнующихся возможностях и формализмом Фейнмана через интеграл по траекториям. В концепции «суммирования сосуществующих возможностей» (Терехович, 2013) делается попытка применить аналогичный подход не только к квантовым, но и к классическим объектам.

Подобное разнообразие во взглядах на возможные квантовые состояния демонстрирует, насколько продуктивным может быть сопоставление модальных подходов в интерпретациях КМ с анализом возможностей в метафизике. Выскажем предположение, что использование достижений метафизики будет полезным и в исследовании внутренней согласованности конкретных интерпретаций КМ, а также при сравнении их эвристической ценности. Кроме того, подобная работа позволит по-новому взглянуть на старые проблемы, как физики, так и метафизики.

## Литература

1. Антология мировой философии. В 4 т. М.: Мысль, 1969 . Т. 1. Ч. 2.
2. Аристотель. Метафизика // Аристотель. Сочинения. Калининград, 2002.
3. Бранский В. П., Ильин В. В. Возможность и действительность // Диалектика материального мира. Онтологическая функция материалистической диалектики. Л.: изд-во ЛГУ, 1985.
4. Возможные миры. Семантика, онтология, метафизика. М.: Канон+, 2011.
5. Гайденок П.П. Эволюция понятия науки: Становление и развитие первых научных программ. Наука, 1980.
6. Гартман Н. Старая и новая онтология // Историко-философский ежегодник. М.: Наука, 1988.
7. Гегель Г.В.Ф. Наука логики // Энциклопедия философских наук в 3-х Т. М.: Мысль, 1975. Т. 1.
8. Гейзенберг В. Шаги за горизонт. М.: Прогресс, 1987.
9. Гриб А.А. К вопросу об интерпретации квантовой физики // Успехи физических наук. 2013. том 183. Вып. 12. С. 1337-1352.
10. Гринштейн Дж., Зайонц А. Квантовый вызов. Современные исследования оснований квантовой механики. Долгопрудный: ИД Интеллект, 2008.
11. Казютинский В.В. и др. Спонтанность и детерминизм. М: Наука, 2006.
12. Кант И. Критика чистого разума. М.: Мысль, 1994.
13. Куайн У.В.О. Слово и объект. М.: Логос, Праксис, 2000.
14. Кузанский Н. Соч.: в 2-х т. М.: Мысль, 1980. Т. 2.
15. Липкин А.И. Место понятий и принципов «парящих над» отдельными разделами физики // Актуальные вопросы современного естествознания. 2010. Вып. 8. С. 51-58.
16. Лосев А.Ф. Античный космос и современная наука // Бытие. Имя. Космос. 1993.
17. Лейбниц Г.В. Соч. в 4-х Т. М., 1982. Т. 1.
18. Лейбниц Г.В. Соч. в 4-х Т. М., 1984. Т. 3.
19. Майоров Г.Г. Теоретическая философия Готфрида В. Лейбница. М.: МГУ, 1973.
20. Макеева Л.Б. Проблема реализма и основные концепции соотношения языка и реальности в аналитической философии XX века: Дис. ... докт. филос. наук. НИУ ВШЭ, 2011, Москва
21. Мамчур Е.А. Информационно-теоретический поворот в интерпретации квантовой механики: философско-методологический анализ // Вопросы философии. 2014. Вып. 1. С. 57-71.
22. Печенкин А.А. Три классификации интерпретаций квантовой механики // Философия науки. Вып. 5: Философия науки в поисках новых путей. М., 1999.
23. Печенкин А.А. Модальная интерпретация квантовой механики как «антиколлапсовская» интерпретация // Философия науки. 2000. Вып. 6. С. 31.
24. Печенкин А.А. Удалось ли реабилитировать причинность: Карл Поппер против «редукции волнового пакета» // Мамчур Е. А., Сачков Ю. В. Причинность и телеономизм в современной естественно-научной парадигме. М.: Наука, 2002.
25. Печенкин А.А. Ансамблевые интерпретации квантовой механики в США и СССР // Вестник Московского университета. Сер. 7, Философия. 2004. Вып. 6. С. 103-121.

26. Полак Л.С. Вариационные принципы механики: их развитие и применения в физике. М.: Либроком, 2010.
27. Поппер К.Р. Квантовая теория и раскол в физике. М.: Логос, 1998.
28. Севальников А.Ю. Интерпретации квантовой механики: в поисках новой онтологии. М.: Либроком. 2009.
29. Семенюк А.П. Тема потенциальности в учениях русских религиозных философов конца XIX – начала XX века // Метaparадигма: богословие, философия, естествознание: альманах. СПб: Изд-во НП-Принт, 2014. Вып. 2/3.
30. Стёпин В.С. Теоретическое знание. М., 1999.
31. Терехович В.Э. Философско-методологические проблемы принципа наименьшего действия: Дис. ... канд. филос. Наук. СПбГУ, СПб. 2013.
32. Фейнман Р. Характер физических законов. М.: Мир, 1968.
33. Фейнман Р., Хибс А. Квантовые интегралы по траекториям. М., 1968.
34. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Вып. 3: Излучения. Волны. Кванты. М.: Эдиториал УРСС, 2004.
35. Фейнман Р. Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Вып. 6: Электродинамика. М.: Эдиториал УРСС, 2004.
36. Фейнман Р. КЭД - странная теория света и вещества. М.: АСТ, 2014.
37. Фок В.А. Об интерпретации квантовой механики // Успехи физических наук. 1957. Т. LXII, Вып. 4.
38. Фок В.А. Квантовая физика и строение материи // Структура и формы материи. М., 1967.
39. Хоружий С.С. Род или недород? Заметки к онтологии виртуальности // Вопросы философии. 1997. Вып. 6. С. 53 - 68.
40. Шредингер Э. Избранные труды по квантовой механике. М.: Наука. 1976.
41. Adams R.M. Theories of Actuality. *Noûs*, 1974, 8 (3), 211–231.
42. Armstrong D. M. *A World of States of Affairs*. New York: Cambridge University Press. 1997.
43. Bird A. Potency and Modality. *Synthese*, 2006, 149: 491–508.
44. Bene G., Dieks D. A perspectival version of the modal interpretation of quantum mechanics and the origin of macroscopic behavior. *Foundations of Physics*, 2002, 32: 645–671.
45. Blumenfeld D. Leibniz's Theory of the Striving Possibles. *Studia Leibniziana*, 1973. Jahrgang V. S. 163–177.
46. Bohm D. A Suggested Interpretation of the Quantum Theory in Terms of 'Hidden' Variables, I and II. *Physical Review*, 1952: 166–193.
47. Bohm D. *Wholeness and the Implicate Order*. London: Routledge. 1980.
48. Bub J. *Interpreting the Quantum World*. Cambridge: Cambridge University Press. 1997.
49. Chakravartty A. Scientific Realism. *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Spring 2014 Edition), Edward N. Zalta (ed.), URL: <http://plato.stanford.edu/archives/spr2014/entries/scientific-realism/>.
50. Dirac P.A.M. Why we believe in the Einstein theory. In *Symmetries in Science*, B. Gruber and R.S. Millman (eds.), New York: Plenum Press, 1980.
51. Dewitt M. Realism/anti-realism. In *The Routledge Companion to Philosophy of Science*, M. Curd and S. Psillos (ed.), Routledge, 2013
52. Dieks D. Probability in modal interpretations of quantum mechanics. *Studies in History and Philosophy of Science Part B: Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, 2007, 38(2), 292-310.
53. Dieks D. Quantum mechanics, chance and modality. *Philosophica*. 2010, 83 (1). 117-137.
54. Divers J. *Possible Worlds*. London: Routledge. 2002.
55. Ellis B. *Scientific Essentialism*. Cambridge: Cambridge University Press. 2001.
56. Everett III H. "Relative state" formulation of quantum mechanics. *Reviews of modern physics*, 1957. 29 (3). 454.
57. Fine K. Essence and Modality. In *Philosophical Perspectives* 8, J. Tomberlin (ed.), 1994, 1-16.
58. Fine K. Varieties of Necessity. In *Conceivability and Possibility*, T. Gendler and J. Hawthorne (eds.), Oxford Up. 2002, 253-281.
59. Frigg R., Hartmann S. Models in Science. *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Fall 2012 Edition), Edward N. Zalta (ed.), URL: <http://plato.stanford.edu/archives/fall2012/entries/models-science/>.



60. Gell-Mann M., Hartle J.B. Decoherent histories quantum mechanics with one real fine-grained history. *Physical Review A*. 2012, 85 (6), 062120.
61. Hintikka J. The Semantics of Modal Notions and the Indeterminacy of Ontology. *Synthese*, 1970, 21, 408-424.
62. Kripke S.A. *Naming and Necessity*. Harvard University Press. 1980.
63. Lewis D. *On the Plurality of Worlds*. Oxford: Blackwell. 1986.
64. Lewis D. How many lives has schrödinger's cat? *Australasian Journal of Philosophy*. 2004, 82 (1).
65. Lombardi O., Castagnino M. A modal-Hamiltonian interpretation of quantum mechanics. *Studies in History and Philosophy of Science Part B: Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, 2008, 39 (2), 380–443.
66. Lombardi O., Dieks, D. Modal Interpretations of Quantum Mechanics. *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Spring 2014 Edition), Edward N. Zalta (ed.), URL: <http://plato.stanford.edu/archives/spr2014/entries/qm-modal/>.
67. Loux M., Zimmerman D. Introduction. In *The Oxford Handbook of Metaphysics*, M.J. Loux, D.W. Zimmerman (ed.). 2005.
68. Loux M.J., Zimmerman D.W. (ed.). *The Oxford Handbook of Metaphysics*. 2005.
69. Lowe J. *The Possibility of Metaphysics: substance, identity and time*. Oxford: Clarendon Press. 1998.
70. Mumford S. Metaphysics. In *The Routledge Companion to Philosophy of Science*, M. Curd and S.Psillos (ed.). Routledge, 2013.
71. Plantinga A. *The Nature of Necessity*. Oxford: Clarendon Press. 1974.
72. Popper K.R. *A World of Propensities*. Bristol: Thoemmes Press. 1990.
73. Rescher N.A. *Theory of Possibility: A Constructivistic and Conceptualistic Account of Possible Individuals and Possible Worlds*. University of Pittsburgh Press. 1975.
74. Saunders S. et al. (ed.). *Many Worlds?: Everett, Quantum Theory, & Reality*. Oxford University Press, 2010.
75. Suárez M. (ed.). *Probabilities, Causes and Propensities in Physics*. Dordrecht: Springer. 2011.
76. Van Fraassen B.C. *The Scientific Image*. Oxford: Oxford University Press. 1980.
77. Van Fraassen B.C. *Quantum Mechanics*. Oxford: Clarendon Press. 1991.
78. Vaidya A. The Epistemology of Modality. *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Winter 2011 Edition), Edward N. Zalta (ed.), URL: <http://plato.stanford.edu/archives/win2011/entries/modality-epistemology/>.
79. Whitehead A.N. *Process and Reality*. New York, 1969.
80. Wilson A. Modal Metaphysics and the Everett Interpretation, 2006, available at: <http://philsci-archive.pitt.edu/2635/1/modalmetaphysicsandeverett.pdf>.
81. Yourgrau W., Mandelstam S. *Variational principles in dynamics and quantum theory*. London: Pitman. 2000.
82. Yagisawa T. Possible Objects. *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Fall 2014 Edition), Edward N. Zalta (ed.), URL: <http://plato.stanford.edu/archives/fall2014/entries/possible-objects/>.
83. Zurek W.H. Decoherence, einselection, and the quantum origins of the classical. *Reviews of Modern Physics*. 2003. 75 (3), 715.