

УДК: 165.0

DOI: 10.15372/PS20220206

**И.Е. Прись****ОБ ИНТЕРПРЕТАЦИИ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ<sup>1</sup>**

В статье формулируется основная философская проблема квантовой механики – проблема измерения. Мы выявляем достоинства и недостатки реляционной интерпретации К. Ровелли и квантового байесианизма К. Фукса и др. На наш взгляд, это две крайности, разделяющие предпосылки философии модерна: физикалистская/натуралистическая и субъективистская/феноменологическая. Мы отвергаем понятие относительного факта, к которому прибегают оба подхода, и предлагаем новый подход – квантовый контекстуальный реализм, согласно которому квантовая онтология чувствительна к контексту.

*Ключевые слова:* проблема измерения; реляционная квантовая механика; квантовый байесианизм; квантовый прагматизм; относительный факт; квантовая корреляция; контекстуальный квантовый реализм

**I.E. Pris****ON THE INTERPRETATION OF QUANTUM MECHANICS**

The article formulates the main philosophical problem of quantum mechanics – the “measurement problem”. We reveal strengths and weaknesses of C. Rovelli’s relational interpretation and QBism developed by C. Fuchs and others. In our view, these are two extremes that share the premises of modernist philosophy: the physicalist/naturalist and the subjectivist/phenomenological. We reject the notion of relative fact that both approaches resort to and propose a new viewpoint – “quantum contextual realism”, according to which quantum ontology is sensitive to context.

*Keywords:* measurement problem; relational quantum mechanics; QBism; quantum pragmatism; relative fact; quantum correlation; contextual quantum realism

К. Ровелли писал: «Физика нуждается в философии, философия нуждается в физике» [21]. В частности, в основаниях квантовой механики физику невозможно отделить от философии физики. В то же вре-

---

<sup>1</sup> Статья подготовлена при частичной финансовой поддержке гранта Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований № Г22МС-001.

мы зачастую физики недостаточно хорошо знают современную философию, а философы – физику. Это одна из причин существования многочисленных квантовых парадоксов и интерпретаций. Другая причина состоит в том, что возникновение квантовой механики опередило развитие философии. Мы предлагаем взгляд на квантовую механику, основанный на новом философском подходе – контекстуальном реализме. Согласно этому подходу, онтология чувствительна к контексту. Применительно к квантовой механике мы называем этот подход *контекстуальным квантовым реализмом* (далее ККР). ККР позволяет выявить достоинства и недостатки двух популярных интерпретаций – реляционной интерпретации К. Ровелли [20; 22; 23] и квантового байесианизма К. Фукса [12; 14] и устранить философские проблемы квантовой механики.

### **Квантовая механика и ее интерпретации**

Полноценная квантовая теория была создана в 20-х годах прошлого века В. Гейзенбергом, М. Борном, П. Иорданом, П. Дираком, Э. Шредингером и другими физиками. Основной вклад в выработку исходной, так называемой копенгагенской, интерпретации квантовой механики внесли Н. Бор, В. Гейзенберг, В. Паули и М. Борн. Эта интерпретация отвергала метафизические принципы классической физики, в частности детерминизм, причинность, независимость от наблюдателя, и стандартный (метафизический) реализм в отношении внешнего мира автономных объектов, имеющих определенные свойства. Копенгагенскую интерпретацию иногда считают инструменталистской, хотя другие авторы это оспаривают и, например, позицию Бора трактуют как неокантианскую (М. Битболь), а позицию Гейзенберга – как прагматическую в смысле, близком к прагматизму позднего Витгенштейна (автор настоящей статьи).

Интерпретации квантовой механики, которые условно можно назвать реалистическими, были предложены позже. Наиболее известные среди них – теория коллапса квантового состояния (волновой функции) как физического процесса, теория Д. Бома со скрытыми параметрами, интерпретация Х. Эверетта и вдохновленные ею многомировые интерпретации. Согласно М. Битболу, позиция Шредингера – предтеча квазиреализма С. Блэкберна, который, в свою очередь, имеет связи с реализмом позднего Витгенштейна. Относительно недавно возникшие реляционная интерпретация квантовой механики К. Ровелли и кванто-

вый байесианизм, или кьюбизм (QBism), К. Фукса и др. отвергают стандартный реализм, но претендуют на то, что отстаивают новую и правильную версию реализма. К. Ровелли отвергает реализм объективного внешнего мира, а К. Фукс обращается к «реализму (со)участия» (participatory realism), отводящему первостепенную роль агенту, взаимодействующему с квантовой системой.

Существует также ряд прагматических подходов к квантовой механике, как, например, подходы Р. Хили (R. Healey), С. Фридериха (S. Friederich) и др., и феноменологических подходов, к которым относятся подходы С. Френча, М. Битболя, Л. Тремблэя (L. de la Tremblaye), Ф. Бергхофера (P. Berghofer) и др.

Физик Н.Д. Мермин писал: «Новые интерпретации появляются каждый год. Ни одна не исчезает» [18, р. 8]. Сам по себе этот факт можно рассматривать как проблему, особенно если мы хотим понять квантовую теорию с реалистической точки зрения, так как разные интерпретации по-разному объясняют мир, вводят разные онтологии. Известная в философии науки проблема недоопределенности теории эмпирическими данными в квантовой физике приобретает дополнительное измерение недоопределенности интерпретации при фиксированном стандартном квантовом формализме. Правда, можно предположить, что в некоторых случаях речь все же идет о разных теориях, а не интерпретациях. Например, некоторые философы физики считают, что теория коллапса и теории, вводящие скрытые параметры, не эквивалентны стандартной квантовой механике, т.е. не являются ее интерпретациями, и могут быть верифицированы или фальсифицированы эмпирически.

В то же время вопрос об эквивалентности теорий вовсе не тривиален. Шредингер объединил свою квантовую механику, сформулированную в терминах волновой функции, подчиняющейся дифференциальному уравнению, и матричную (алгебраическую) механику Гейзенберга, а позже математически строго эквивалентность двух подходов была доказана Дираком и фон Нейманом. Тем не менее до сих пор некоторые авторы релятивизируют положение об их эквивалентности.

В какой-то степени настоящую ситуацию с разнообразием интерпретаций квантовой механики можно сравнить с периодами кризиса в истории науки, когда процветало множество конкурирующих теорий. Как правило, эти периоды заканчивались выработкой одной доминирующей стандартной теории или нескольких эквивалентных ее представлений, т.е. того, что Т. Кун называет парадигмой. Можно возра-

зять, что в случае квантовой теории речь идет не о теории, а об интерпретациях. Квантовая физика, однако, демонстрирует особенно наглядно, что отделить физическую теорию от ее интерпретации и метафизических предпосылок трудно, а иногда и невозможно. Если согласиться с точкой зрения Т. Уильямсона, что нет эпистемологических разрывов между метафизикой, философией физики и фундаментальной теоретической физикой, то вопрос об истинности той или иной интерпретации либо того или иного метафизического положения не является бессмысленным.

Аналитическая метафизика ищет ответ на вопрос о том, как устроен мир, что существует и каковы наиболее фундаментальные структуры реальности. Но зачастую упускают из виду, и это тавтология, что ответы на эти вопросы не абсолютны, а имеют смысл лишь в том или ином контексте, т.е. лишь в той области, в которой они имеют смысл. Следует принять во внимание, что реальность как таковая (по определению) не имеет никакой предопределенной (фундаментальной, единственной) структуры, хотя имеет бесконечное множество бесконечно разнообразных структур, которые мы не можем познать *a priori*. И действительно, стандартный научный реализм как разновидность метафизического реализма, утверждающий «объективную», т.е. *объектную*, реальность «внешнего мира» (метафизическая составляющая), его познаваемость (эпистемологическая составляющая) и истинность в смысле соответствия фактам этого мира наших наилучших физических теорий (семантическая составляющая), несовместим с квантовой механикой. Таков вывод многих современных исследователей. На самом деле критика метафизического реализма восходит к отцам-основателям квантовой физики, и в частности к Бору и Гейзенбергу, которые призывали изменить наше понимание реальности. Для этих ученых физические величины имели смысл и определенное значение только в экспериментальном контексте их наблюдения. В настоящее время все больше физиков, философов физики и философов приходят к выводу, что проблема с интерпретациями квантовой механики – следствие ложных метафизических предпосылок философии модерна, неправильного понимания концепта реальности и позиции реализма [2].

### **Аксиомы квантовой механики**

Квантовая механика возникла в результате наблюдений, показавших, что микроскопические «объекты» обладают контринтуитивными

(неклассическими) свойствами. К таковым относятся, в частности, их неустранимо вероятностный характер, дискретность (квантованность) и в то же время волновые свойства, а следовательно, и «корпускулярно-волновой дуализм», зависимость от экспериментального контекста, и в частности, от порядка измерения физических величин, т.е. некоммутативность. Из волновой природы микроскопических объектов вытекает принцип суперпозиции, а из некоммутативности – принцип неопределенности, а также то, что микроскопические физические величины не являются числами в обычном смысле (Гейзенберг представил их в виде матриц; в общем случае это операторы – элементы алгебры). Квантовая «нелокальность», так называемое спутывание квантовых состояний и квантовая корреляция, возникающая в результате спутывания, также в конечном итоге суть следствия принципа суперпозиции. Квантовое динамическое уравнение (Шредингера или Гейзенберга) возникает из принципа соответствия, т.е. путем квантования классических коммутативных величин, в результате гештальт-скачка от классических уравнений к уравнениям, содержащим операторы. Эти наблюдения могут быть формализованы в виде того или иного (в зависимости от предпочтений различных авторов) числа аксиом квантовой механики.

В неформальном виде эти аксиомы имеют следующий вид.

1. Состояние квантовой физической системы определяется вектором гильбертова пространства (выражение принципа суперпозиции).

2. Измеряемые физические величины (наблюдаемые) описываются эрмитовскими операторами, действующими в этом пространстве на квантовые состояния (выражение некоммутативности квантовых физических величин).

3. Собственные значения эрмитовского оператора физической величины – возможные результаты ее измерения (выражение того факта, что измеряемые физические величины – действительные числа, а также квантовой дискретности).

4. Вероятность получить при измерении физической величины в некотором квантовом состоянии некоторое ее конкретное значение подчиняется правилу Борна. Правило Борна выглядит как правило *ad hoc*. Тем не менее существуют его многочисленные более или менее удовлетворительные выводы или попытки выводов. Укажем на известную теорему Глисона (1957 г.). Недавно был предложен вывод правила Борна, исходя из принципа вывода к наилучшему объяснению.

5. В результате процедуры измерения исходное состояние системы стохастическим и необратимым образом скачкообразно «редуцируется» (происходит «коллапс»).

6. Эволюция во времени вектора состояния системы является детерминистской и подчиняется уравнению Шредингера. (Подробнее см., например, [11, ch. 3].)

Несмотря на наличие стандартного набора аксиом, формализм квантовой механики пытаются вывести из нескольких еще более фундаментальных принципов по аналогии со специальной теорией относительности (СТО), которая основывается на двух постулатах – постулате относительности и постулате постоянства скорости света и является «теорией-принципом» (термин Эйнштейна). К. Ровелли, например, следуя идее Дж.А. Уилера, предложил такой вывод из двух постулатов: P1. «Существует конечное максимальное количество релевантной информации, которую можно извлечь из физической системы»; P2. «Всегда можно получить новую информацию о системе путем взаимодействия с ней» [23]. Эти постулаты, подобно двум постулатам СТО, на первый взгляд несовместимы, но они действительно позволяют «вывести» квантовый формализм. Чуть позже А. Цайлингер предложил в качестве фундаментального концептуального принципа квантовой механики принцип информации, согласно которому элементарная физическая система содержит в себе один бит информации. Соответственно нашему анализу, предложенный Цайлингером принцип является идеалистическим и должен быть заменен реалистическим принципом контекстуальности [3].

### Проблема измерения

Считается, что система аксиом квантовой механики содержит в себе проблему, которую можно рассматривать как одну из формулировок так называемой проблемы измерения. Эта формулировка утверждает, что постулаты 5 и 6 противоречат друг другу: коллапс волновой функции несовместим с детерминистской квантовой динамикой (уравнением Шредингера). К тому же мгновенный коллапс вступает в противоречие со специальной теорией относительности. На самом деле можно выделить две проблемы измерения. Проблема измерения в более сильном смысле – проблема (причинного) объяснения возникновения того или иного конкретного результата измерения физической ве-

личины. Проблема измерения в более слабом смысле – это проблема объяснения того, почему вообще при измерении возникает какое-либо конкретное значение физической величины. Если считать, что квантовый формализм универсален, в результате измерения возникает спутывание волновой функции наблюдаемой системы и прибора наблюдения. Эта спутанная волновая функция – суперпозиция состояний, соответствующих возможным значениям наблюдаемой физической величины. Таким образом, возникновение при измерении конкретного значения физической величины не объясняется. До сих пор нет консенсуса относительно того, решена (устранена) ли эта проблема или нет. Некоторые философы науки считают, что проблема измерения – псевдопроблема. Они предлагают способы ее устранения (а не решения) путем устранения ложных философских предпосылок, лежащих в ее основании (М. Битболь, Р. Хили, К. Ровелли, К. Фукс, автор данной статьи и др.).

### **Философские проблемы квантовой механики**

Помимо проблемы измерения – центральной проблемы философии квантовой механики и проблем, уже упомянутых выше, современных философов, философов науки и физиков занимают или продолжают занимать следующие проблемы, вопросы и темы, которые так или иначе связаны с проблемой измерения.

1. Проблема коллапса волновой функции. Является ли коллапс реальным физическим процессом?

2. Проблема смысла и/или реальности волновой функции. Представляет ли собой волновая функция реальную квантовую физическую систему или же только некоторое знание (информацию)? Исследуется также вопрос о реальности волновой функции как физического поля на многомерном конфигурационном пространстве (в трехмерном пространстве она, очевидно, не может трактоваться как физическое поле).

3. Как объяснить квантовые корреляции? Можно ли объяснить их причинным и локальным образом, не прибегая к концепции дальнего действия?

4. Почему мы не наблюдаем «кота Шредингера» в суперпозиции двух состояний: «живой» и «мертвый»? То есть почему макроскопические объекты не наблюдаются в состояниях суперпозиции? Частично эта проблема решается принятием во внимание взаимодействия с ок-

ружающей средой или с помощью прибора наблюдения – систем с большим числом степеней свободы. В результате такого взаимодействия возникает явление декогеренции, т.е. происходит исчезновение интерференционных членов в волновой функции. Декогеренция, однако, не может объяснить возникновение конкретного результата наблюдения, т.е. не позволяет решить проблему измерения.

5. Где проходит (и существует ли) граница между квантовым и классическим мирами и каким образом эти миры связаны между собой?

6. Контекстуальность. Обычно при упоминании квантовой контекстуальности ссылаются на теорему Белла–Кохена–Спекера (1966–1967 гг.), исключающую неконтекстуальные квантовые теории со скрытыми параметрами. Но идея контекстуальности возникла вместе с возникновением квантовой механики. Она принципиальна для позиции Н. Бора. К понятию контекста в разных смыслах апеллируют различные современные интерпретации квантовой механики, и в частности неокантианская интерпретация М. Битболя, реляционная интерпретация К. Ровелли, кьюбизм К. Фукса и др., интерпретация CSM (контекст, система и модальности) А. Офев (A. Auffèves) и Ф. Гранжье (P. Grangier), наша интерпретация квантовой механики с точки зрения контекстуального реализма – контекстуальный квантовый реализм [2].

7. Квантовые онтологии. К таковым относятся онтология коллапса, дуалистическая (корпускулярно-полевая) онтология Бома, онтологии многих миров и многих сознаний, онтология квантового «диспозиционного фона», онтология *beables* (от «be» и «able», – ввел Дж. Белл), онтология квантовых событий (К. Ровелли) и др. Теории, вводящие онтологии, противостоят инструменталистским и операционалистским трактовкам квантовой механики.

8. Квантовые байесовские вероятности и другие интерпретации вероятностей. Например, кьюбизм развивает радикально субъективистское понятие квантовой вероятности, вдохновляясь подходом Б. де Финетти, тогда как традиционный подход трактует квантовые вероятности как объективные.

9. Предлагаются различные подходы к решению или устранению «парадокса друга Вигнера», который возникает в результате применения квантовой механики к самому наблюдателю. Вкратце, он состоит в том, что наблюдатель, наблюдающий наблюдателя, наблюдающего («Вигнер», наблюдающий «друга», наблюдающего) квантовую систе-



му, может прийти к другому, чем тот заключению. Все выглядит так, как если бы результат измерения оказывался неоднозначным.

10. Философской интерпретации также требуют слабые (невозможные) измерения, квантовая телепортация, квантовая «улыбка Чеширского кота», квантовые индивидуальность и идентичность, невозможность клонирования квантового состояния и многие другие квантовые явления и свойства.

11. Квантовые явления, в частности дополнительность и квантовые корреляции, наблюдаются в социальных и гуманитарных областях, что свидетельствует об общей эпистемологической структуре квантовой механики и гуманитарных наук. Квантовая механика трактуется как расширение теории принятия решений, этот подход реализуют Х. Цвирн (Herve Zwirn), К. Фукс и др.

12. Информационно-теоретическая формулировка (реконструкция) квантовой механики. Также предлагаются различные математические формулировки квантовой механики и квантовых явлений, а также устанавливаются связи между квантовой механикой и общей теорией относительности.

13. В настоящее время популярны и широко обсуждаются три интерпретации: реляционная квантовая механика К. Ровелли, кьюбизм К. Фукса и др., многомировые интерпретации типа эвереттовской.

### **Понятие относительного факта и контекстуальный квантовый реализм**

К. Ровелли пишет, что «проблема квантовой физики не в том, что у нас *нет* способа придать ей смысл. Проблема в том, что существует *много* способов придать ей смысл. Но каждый имеет свою концептуальную цену» [20]. Для В. Гейзенберга, а также для К. Фукса и А. Переса [13] и некоторых других авторов квантовая механика не нуждается в интерпретации. Мы полагаем, что квантовая механика нуждается в правильном философском понимании, которое состоит в том, что квантовая онтология (на самом деле любая онтология) чувствительна к контексту. Эту точку зрения мы называем «контекстуальный квантовый реализм» (ККР)<sup>2</sup>. ККР позволяет демистифицировать интерпретацию Х. Эверетта, устранить философские проблемы реляционной ин-

---

<sup>2</sup> О контекстуальном реализме см., например, [2; 7; 8].

терпретации К. Ровелли, кьюбизма К. Фукса и информационной интерпретации А. Цайлингера [1–4].

Реляционная интерпретация квантовой механики (РКМ) К. Ровелли [23] и кьюбизм (QBism) – разновидность квантового субъективного байесианизма относятся к классу «копенгагеновских (Copenhagenish) интерпретаций». К этому же классу относятся копенгагенская, информационные, неокопенгагенские, прагматические и ряд других интерпретаций. Копенгагеновские интерпретации утверждают однозначность результата квантового измерения, эпистемический характер волновой функции, универсальность и полноту квантовой теории. Помимо этого, общим у кьюбизма и РКМ является то, что они рассматривают результаты измерения как «относительные факты», т.е. факты, имеющие смысл лишь относительно некоторой физической системы (РКМ) или «агента» (кьюбизм) [14]. К понятию относительного факта прибегают неокопенгагенский подход Ч. Брукнера [9], а также квантовый прагматизм Р. Хили [16]. Последний обращается к идее оценочного релятивизма Дж. МакФарлайна [16].

Понятие относительного факта нам представляется неудовлетворительным. Факт – это то, что имеет место, он таков, каков он есть. Факт выражается истинным предложением. Предложение «*p*» истинно, если и только если *p*. Относительность факта означала бы относительность истины. Понятие относительной истины («истинно-с-точки-зрения») нарушает естественную «грамматику» истины. Вместо этого мы предлагаем посмотреть на философские проблемы квантовой механики с точки зрения ККР, который принимает во внимание чувствительность знания и онтологии (фактов) к контексту. ККР восходит к нормативному прагматизму и контекстуализму позднего Витгенштейна. Это сближает ККР с квантовым прагматизмом Р. Хили, с контекстуализмом А. Офев и Ф. Гранжье, с витгенштейновским терапевтическим подходом С. Фридериха и в некоторой мере с неокантианским, прагматическим и контекстуалистским подходом М. Битболя. Фундаментальным различием между ККР и этими подходами является то, что ККР принимает в качестве первичного концепт реальности, причем в соответствии с «грамматикой» этого понятия: «реальность такова, какова она есть; это то, что есть» – делает категориальное различие между идеальным (нормы, правила, концепты, теория, информация) и реальным (сами вещи, непосредственный неконцептуализированный опыт или уже концептуализированный опыт, явление как данное). ККР трактует квантовую теорию как (идеальную) норму – вит-

генштейновское правило, которая укоренена в реальности и измеряет ее, идентифицирует ее элементы, свойства квантовых систем в контексте. Следствием этих положений является непредопределенность онтологии, ее чувствительность к контексту [2; 4]. Однако при фиксированном контексте факт (и истина) абсолютен. ККР избавлен от недостатков РКМ и кьюбизма и позволяет устранить философские проблемы квантовой механики.

### **Реляционная интерпретация и контекстуальный квантовый реализм**

РКМ К. Ровелли – чисто физикалистский/натуралистический подход, устраняющий квантовые проблемы и парадоксы (проблемы «коллапса», «нелокальности» квантовых корреляций, парадокс друга Вигнера и др.) при помощи релятивизации понятий: волновая функция и квантовые факты/события объявляются относительными, они имеют смысл лишь по отношению к «наблюдателю». РКМ отвергает метафизическое понятие внешнего мира, хотя, на наш взгляд, делает это последовательно, так как онтология РКМ содержит как квантовые события, которые суть взаимодействия физических систем, так и сами физические системы. РКМ трактует наблюдаемые физические системы и наблюдателей на равных правах, «демократически». Наблюдатель не обладает особым статусом, а каждая физическая система, взаимодействующая с другой физической системой, играет роль «наблюдателя» последней. Ровелли еще называет ее «контекстом». Понятие контекста у него отличается от понятия контекста, к которому апеллируют ККР, а также другие подходы. Понятие информации (знания) в РКМ является техническим, а не эпистемическим (любая «информация физична» [6]). Субъективность, ментальность, эпистемическое измерение эксплицитно игнорируются. В результате взаимодействия двух квантовых систем между ними устанавливается квантовая корреляция, которая позволяет системам «измерять» друг друга. Определенное состояние системы имеет лишь относительно другой, взаимодействующей с ней системы, а не сама по себе.

С точки зрения ККР реляционная интерпретация не принимает во внимание категориальное различие между идеальным и реальным [2; 3; 7]. Как уже было сказано, концепты, нормы, правила, теория идеальны (не часть реальности). Поэтому и субъект, применяющий их и играющий (логическую) роль наблюдателя, тоже «идеален». Информация

тоже не физична, а идеальна, хотя и имеет физические условия своего существования. Реальны наблюдаемые физические системы и их свойства. В то же время сам субъект-наблюдатель может стать объектом наблюдения. В этом случае его категориальный статус меняется: он превращается в реальный объект, к которому может быть применена физическая теория. Таким образом, наблюдение невозмущающее взаимодействие между двумя физическими системами. Оно выявляет именно то, что наблюдается, таким, каково оно на самом деле, но в контексте измерения. Зависимость от контекста – не «взаимодействие», не «относительность» к другой физической системе (РКМ), агенту (кьюбизм) или чему-то еще, не неконтролируемое возмущение некоей (пред)определенной реальности. В частности, принцип неопределенности Гейзенберга следует понимать не в эпистемическом (в смысле незнания), а в семантическом смысле: об одновременном точном измерении скорости и положения квантовой частицы не имеет смысла говорить.

Отметим, что «демократизм» РКМ и понятие относительного факта, как оно употребляется в РКМ, критикуют и другие авторы. Например, Ж. Пиенаар указывает на различие в «ролях» между наблюдателем и наблюдаемым [19], а Ч. Брукнер показывает, что не все физические системы могут играть роль наблюдателя [10]. Р. Хили и Э. Эдлэм считают, что понятие относительного факта, которым оперирует РКМ, ставит под вопрос интересубъективность эмпирического знания [5; 16]. С точки зрения К. Ровелли, в квантовой механике «различные наблюдатели могут по-разному описать (give different accounts) одну и ту же последовательность событий» [22, p. 1647].

Недавно Ровелли модифицировал систему аксиом и онтологию своей РКМ [6]. Ранее один из постулатов утверждал, что сравнение результатов измерений относительно двух систем (наблюдателей) возможно не абсолютно, а только по отношению к третьей системе (наблюдателю). Этот постулат был заменен постулатом о том, что «вся информация, которой обладает некоторый наблюдатель, хранится в физических переменных этого наблюдателя и доступна для измерения другими наблюдателями», что гарантирует возможность эмпирического подтверждения теории [6]. (В рамках ККР это так, потому что измерение – не взаимодействие, а приобретение знания (информации) о реальности в контексте. Другой наблюдатель в том же самом контексте приобретает то же знание.) Введение этого постулата требует изменения онтологии РКМ, а именно признания существования абсолютных

(не зависящих от наблюдателя) фактов. Таковыми являются факты о значениях измеренных физических величин. Существование таких абсолютных фактов ставит под сомнение и невозможность абсолютных квантовых состояний [6].

С точки зрения ККР контекстуальность – фундаментальное эпистемологическое и онтологическое свойство реальности. В этом же духе Ровелли пишет о «контекстуальном характере Природы», который основатели квантовой механики выразили «на языке зависимости измерения от наблюдателя» [23]. ККР же рассматривает эту «зависимость» как тавтологию: наблюдение (измерение) реальности невозможно без наблюдателя. Позицию Ровелли, однако, нельзя назвать реализмом, так как для него свойства физических систем «не существуют все время: они являются свойствами событий, а события случаются во взаимодействиях» [23]. ККР ближе к позиции Р. Хили. Для Хили контекст, от которого зависят результаты квантовых измерений, – не физическая система (как для Ровелли) и не субъективный опыт (как для Фукса), а контекст оценки в смысле, близком к оценочному релятивизму Дж. МакФарлайна, – реальные физические (лабораторные) условия окружающей среды, в которой располагается наблюдатель и происходит декогеренция. В этих условиях может расположиться любой другой наблюдатель. Интерсубъективность, таким образом, гарантирована [16]. Однако оценочный релятивизм МакФарлайна – дискутируемая позиция. Мы предпочитаем говорить о чувствительности результатов измерения (онтологии) к контексту.

### **Кьюбизм и контекстуальный квантовый реализм**

В отличие от РКМ К. Ровелли, являющего собой физикалистский натуралистический подход, кьюбизм К. Фукса, Д. Мермина (D. Mermin), Р. Шека (R. Sack), К. Кэйва (C. Caves) и др. – субъективистский/феноменологический подход. Это другая крайность. Кьюбизм трактует квантовые вероятности как субъективные вероятности, т.е. степени уверенности «агента», что в результате «измерения», понимаемого как его взаимодействие с квантовой системой («небольшой акт творения мира»), на личном (субъективном) опыте он будет наблюдать те или иные значения квантовых физических величин. Предсказания основываются на прошлом личном опыте. Вероятности определяются правилом Борна, имеющим нормативную, а не дескриптивную природу. Нормативную природу также имеет и квантовая теория в це-

лом, в частности волновая функция, оператор Гамильтона и уравнение Шредингера. Понятие (пассивного) наблюдателя кьюбист заменяет понятием (активного) агента, а понятие измерения не является буквальным, так как речь не идет об измерении внешних (предопределенных) квантовых объектов. С точки зрения кьюбиста, квантовый агент оперирует не знанием, а личными убеждениями (beliefs). Первичным понятием является понятие личного (субъективного) опыта. На этом основании кьюбизм обвиняли в солипсизме.

В то же время кьюбизм сохраняет известный дуализм, признавая существование «объективного внешнего» мира и пытаясь что-то сказать о нем. В частности, кьюбизм рассматривает правило Борна как объективную характеристику реальности, общую для всех наблюдателей, и пытается вывести его из байесовских принципов. Для Фукса точка зрения третьего лица дополняет точку зрения первого лица. В то же время о «внешнем» мире кьюбизм говорит слишком мало. Вещи внешнего мира для кьюбизма оказываются чем-то вроде кантовских вещей в себе, к которым все же имеется ограниченный доступ. Поскольку для кьюбизма квантовая теория не описание внешнего мира, а инструмент для предсказания («употребления»), некоторые критики считают, что это разновидность инструментализма.

Кьюбизм, как и РКМ, релятивизирует понятия. Если РКМ релятивизирует их по отношению к физической системе-«наблюдателю», то кьюбизм – по отношению к субъективному опыту. Это позволяет достаточно просто избавиться от философских проблем квантовой механики, которые с точки зрения кьюбизма суть псевдопроблемы. Например, редукция волновой функции – не физический «коллапс» квантового состояния, а актуализация кодируемой ею информации о субъективных вероятностях будущих событий. Квантовая корреляция наблюдается не во внешнем объективном мире, а в рамках индивидуального опыта. Поэтому это всегда корреляция между событиями, разделенными временеподобным интервалом, а не нелокальный эффект или дальное действие. Кьюбизм, подобно РКМ, устраняет парадокс друга Вигнера при помощи понятия относительного факта: Вигнер и его друг действительно могут наблюдать различные результаты измерения «одной и той же» физической величины, не противоречащие друг другу, поскольку эти результаты не абсолютны, а относительны.

Мы констатируем, что кьюбизм сохраняет основные предпосылки философии модерна, и в частности субъективизм, интернализм, перспективизм и понятие «внешнего мира». (Эпистемическая

проблема доступа к внешней реальности, с которой сталкивается кьюбизм, – проблема философии модерна.) Эти предпосылки делают возможными феноменологические трактовки кьюбизма, которые, впрочем, он сам принимает неохотно. С научным реализмом кьюбизм, очевидно, несовместим. Но К. Фукс говорит о «реализме (со)участия» или «нормативном инструментализме» [12; 14]. «Реализм (со)участия» Фукса, утверждающий неразделимость квантового агента и квантовой системы, с которой агент взаимодействует, имеет своих предшественников (Н. Бор, П. Детуш-Феврие, М. Мерло-Понти, Дж.А. Уилер). На наш взгляд, это скорее разновидность субъект-объектного корреляционизма модерна (кантовская доктрина явлений, или вещей-для-нас, – пример корреляционизма), отвергающего познание самих вещей, а «нормативный структурный реализм» может рассматриваться как модификация структурализма с точки зрения кьюбизма, но, как указывает Д. Глик, сталкивается с «проблемой основания» нормативности [15].

Выход, как нам представляется, в том, чтобы заменить научный реализм, реализм (со)участия и «нормативный структурализм», имеющий сходства со стандартным инструментализмом, нашим контекстуальным квантовым реализмом, трактующим квантовую теорию, включая волновую функцию и правило Борна, как витгенштейновское правило (в-правило), т.е. правило (норму) в смысле философии позднего Витгенштейна, и заменяющим понятие личного опыта понятием первичного неконцептуализированного опыта как «ощущаемого/чувственного» (фр. *le sensible*), между которым и реальностью нет никакой дистанции. С точки зрения ККР роль «структуры» играет формулировка в-правила [2]. ККР, как и кьюбизм, содержит перспективное (*perspectival*) и нормативное измерения, которые стандартный научный реализм оставляет вне поля зрения. Принятие ККР означает отказ от феноменологического подхода кьюбизма и принятие концепта реальности в качестве первичного. Вместе с уже введенным выше категориальным различием между (идеальной) теорией и (реальным) опытом, а также следующей из него чувствительностью онтологии к контексту это позволяет устранить философские проблемы квантовой механики. В-правило укоренено в реальности (в языковых играх, которыми оно управляет, в действии, форме жизни), т.е. имеет реальные условия своего существования и своей применимости. Поэтому «проблема основания» нормативности квантовой теории не возникает.

Теория как в-правило/норма позволяет идентифицировать элементы квантовой реальности в контексте (в соответствии с проблемой следования правилу). Вне контекста своей идентификации эти элементы реальны, но не являются (пред)определенными, не имеют идентичности. Это означает контекстуальность онтологии, а в плане эпистемологическом – принятие эпистемологии сначала-знания Т. Уильямсона, отвергающей эпистемологию сначала-опыта, на которую фактически опирается кьюбизм, и принимающей экстерналистский концепт знания, а не убеждения в качестве первичного эпистемологического понятия [12; 24]. Эпистемология сначала-знания также отвергает субъективистский байесовский подход и предлагает перейти к понятию вероятности, основанной на очевидности, которая есть полное знание в контексте. Соответственно, наш ККР предлагает трактовать квантовые вероятности как объективные эвиденциалистские (обусловленные знанием) вероятности, а не субъективные байесовские в смысле Уильямсона.

ККР – нормативный реализм. Ход, аналогичный нашему, делает Д. Глик. Он предлагает трактовать кьюбизм реалистически в рамках альтернативной научному реализму позиции – «перспективному (perspectival) нормативному реализму», который вводится по аналогии с нормативным реализмом, предложенным в области моральной философии Т. Скэнлоном: «Кьюбизм следует понимать как перспективный нормативный реализм, согласно которому квантовая теория является скорее предписывающей, чем описательной, и перспективной, а не применяемой с точки зрения Бога» [15, p. 16].

Кьюбизм и РКМ – перспективистские теории. Но это перспективизм модерна, прибегающий к ложной метафоре перцептивной перспективы. Такой перспективизм ограничивает познание, перспектива как бы преграждает доступ к самой (абсолютной) вещи. Разновидностью перспективизма модерна является современный «перспективный реализм» (perspectival realism), который ККР отвергает. ККР принимает перспективизм лишь в том смысле, что не существует «точки зрения ниоткуда»; всякое познание ситуативно, или контекстуально. С точки зрения ККР всякий факт абсолютен, но не автономен, определяется в контексте. Выбор перспективы – выбор формы жизни, концепта (правила, нормы) или контекста его применения. В этом смысле перспектива вездесуща и неустранима, а бесперспективное познание не имеет смысла. Но так понятая перспектива не ограничивает доступ к самим вещам, а наоборот, является тем, что позволяет их познать.



\* \* \*

Мы утверждаем, что квантовая механика вступает в противоречие с основными предпосылками философии модерна. К таковым, в частности, относятся репрезентационализм, понятие «внешнего» мира, интернализм и субъективизм, субъект-объектная дихотомия и субъект-объектный корреляционизм, эпистемический реализм, отождествляющий реальность с познанной или познаваемой реальностью (истиной). Большинство интерпретаций квантовой механики пытаются избавиться от квантовых парадоксов, фактически оставаясь в рамках философии модерна. РКМ и кьюбизм – две стороны одной медали, две крайности, имеющие общие предпосылки философии модерна и даже постмодерна (понятие относительного факта, ссылка К. Фукса на Р. Рорти и т.д. [12]): РКМ – объективистская/физикалистская интерпретация, а кьюбизм – субъективистская/феноменологическая интерпретация<sup>3</sup>. Понятие относительного факта, к которому прибегают оба подхода, ведет к релятивизму. В то же время К. Ровелли и К. Фукс хотят быть реалистами и апеллируют к новой концепции реальности, претендуют на особый вид реализма. Но фундаментальное понятие реальности не может быть определено конвенциональным образом. Э.Т. Джейнс писал, что квантово-механический формализм «представляет собой своеобразную смесь, описывающую частично законы Природы, частично имеющуюся у человека неполную информацию о Природе – все это Бор превратил в омлет, с которым никто не знает, как разобраться (unscramble)» [17, р. 387]. Мы полагаем, что наш ККР позволяет с этим разобраться. ККР отвергает предпосылки философии модерна и утверждает, что квантовая механика – это познание природы, самих вещей, каковы они независимо от наблюдателя, но квантовая онтология, т.е. то, что существует и измеряется на опыте, чувствительна (а не относительна) к контексту.

## Литература

1. *Пись И.Е. Виттгенштайновская демистификация эвереттовской интерпретации квантовой механики // Философия науки. 2016. № 1 (68). С. 54–85.*

---

<sup>3</sup> Обе интерпретации, однако, отказываются рассматривать волновую функцию онтически, т.е. как представление автономной квантовой системы.

2. *Прись И.Е.* Контекстуальность онтологии и современная физика. СПб.: Алетейя, 2020.
3. *Прись И.Е.* О фундаментальном концептуальном принципе квантовой механики // *Философия науки*. 2021. № 4 (91). С. 82–92.
4. *Прись И.Е., Сторожук А.Ю., Симанов А.Л.* Реляционная интерпретация квантовой механики и контекстуальный реализм // *Философия науки*. 2019. № 2 (81). С. 57–89.
5. *Adlam E.* Does science need intersubjectivity? The problem of confirmation in orthodox interpretations of quantum mechanics. URL: [arXiv:2203.16278v1](https://arxiv.org/abs/2203.16278v1) [quantum-ph] (дата обращения: 02.04.2022).
6. *Adlam E., Rovelli C.* Information is physical: Cross-perspective links in relational quantum mechanics. – URL: <https://arxiv.org/abs/2203.13342> (дата обращения: 19.07.2021).
7. *Benoist J.* L'adresse du reel. Paris: Vrin, 2017.
8. *Benoist J.* Toward a Contextual Realism. Harvard University Press, 2021.
9. *Brukner C.* Facts are relative // *Nature Physics*. 2020. Vol. 16. P. 1172–1174.
10. *Brukner C.* Qubits are not observers – a no-go theorem. URL: <https://arxiv.org/abs/2107.03513> (дата обращения: 19.07.2021).
11. *Cohen-Tannoudji C., Diu B., Laloë F.* Quantum Mechanics. – John Wiley and Sons, 1977. Vol. I.
12. *Crease R.P., Sares J.* Interview with physicist Christopher Fuchs // *Continental Philosophy Review*. URL: <https://philpapers.org/rec/CREIWP> (дата обращения: 19.07.2021).
13. *Fuchs C.A., Peres A.* Quantum theory needs no “interpretation” // *Physics Today*. 2000. Vol. 53. No. 3. P. 70–71.
14. *Fuchs C.A., Stacey B.C.* QBism: Quantum Theory as a Hero’s Handbook // *Proceedings of the International School of Physics “Enrico Fermi,” Course 197 – Foundations of Quantum Physics* / Ed. By E.M. Rasetti, W.P. Schleich, S. Wölk. Italian Physical Society, 2019. P. 133–2020. URL: <https://arxiv.org/abs/1612.07308> (дата обращения: 19.07.2021).
15. *Glick D.* QBism and the Limits of Scientific Realism // *European Journal for Philosophy of Science*. 2021. Vol. 11 (2). P. 1–19.
16. *Healey R.* Quantum relativity without relativism. URL: <http://philsci-archiv.pitt.edu/20397/> (дата обращения: 03.04.2022).
17. *Jaynes E.T.* Probability in quantum theory // *Complexity, Entropy, and the Physics of Information* / Ed. by W.H. Zurek. Addison-Wesley, 1990.
18. *Mermin N.D.* Commentary: Quantum mechanics: Fixing the shifty split // *Physics Today*. 2012. Vol. 65. No. 7. P. 8–10.
19. *Pienaar J.* A quintet of quandaries: five no-go theorems for Relational Quantum Mechanics. URL: <https://arxiv.org/abs/2107.00670> (дата обращения: 19.07.2021).
20. *Rovelli C.* Relational quantum mechanics // *International Journal of Theoretical Physics*. 1996. Vol. 35. No. 8. P. 1637–1678.
20. *Rovelli C.* A response to the Mucino-Okon-Sudarsky's Assessment of Relational Quantum Mechanics. URL: <https://arxiv.org/abs/2106.03205> (дата обращения: 01.01.2022).
21. *Rovelli C.* Physics Needs Philosophy, Philosophy Needs Physics // *Foundations of Physics*. 2018. Vol. 48. P. 481–491.
23. *Rovelli C.* The Relational Interpretation of Quantum Physics. URL: <https://arxiv.org/abs/2109.09170> (дата обращения: 25.09.2021).
24. *Williamson T.* Knowledge and Its Limits. Oxford: Oxford University Press, 2000.

## References

1. *Pris, I.E.* (2016). Wittgenstajnovskaya demistifikatsiya everettovskoy interpretatsii kvantovoy mekhaniki [A Wittgensteinian demystification of the Everett's interpretation of quantum mechanics]. *Filosofiya nauki* [Philosophy of Science], 1 (68), 54–85.
2. *Pris, I.E.* (2020). Kontekstualnost ontologii i sovremennaya fizika [Contextuality of Ontology and Contemporary Physics]. St. Petersburg, Aletheia Publ.
3. *Pris, I.E.* (2021). O fundamentalnom kontseptualnom printsipe kvantovoy mekhaniki [On the foundational conceptual principle of quantum mechanics]. *Filosofiya nauki* [Philosophy of Science], 4 (91), 82–92.
4. *Pris, I.E., A.Yu. Storozhuk & A.L. Simanov.* (2019). Relyatsionnaya interpretatsiya kvantovoy mekhaniki i kontekstualnyy realizm [Relational interpretation of quantum mechanics and contextual realism]. *Filosofiya nauki* [Philosophy of Science], 2 (81), 57–89.
5. *Adlam, E.* Does Science Need Intersubjectivity? The Problem of Confirmation in Orthodox Interpretations of Quantum Mechanics. Available at: [arXiv:2203.16278v1](https://arxiv.org/abs/2203.16278v1) [quant-ph] (date of access: 02.04.2022).
6. *Adlam, E. & C. Rovelli.* Information Is Physical: Cross-perspective Links in Relational Quantum Mechanics. Available at: <https://arxiv.org/abs/2203.13342> (date of access: 19.07.2021).
7. *Benoist, J.* (2017). *L'adresse du reel*. Paris, Vrin.
8. *Benoist, J.* (2021). *Toward a Contextual Realism*. Harvard University Press.
9. *Brukner, C.* (2020). Facts are relative. *Nature Physics*, 16, 1172–1174.
10. *Brukner, C.* Qubits Are Not Observers – a No-go Theorem. Available at: <https://arxiv.org/abs/2107.03513> (date of access: 19.07.2021).
11. *Cohen-Tannoudji, C., B. Diu & F. Laloë.* (1977). *Quantum Mechanics*, vol. I. John Wiley and Sons.
12. *Crease, R.P. & J. Sares.* (2021). Interview with physicist Christopher Fuchs. *Cotinental Philosophy Review*, 54 (4), 541–561. Available at: <https://philpapers.org/rec/CREIWP> (date of access: 19.07.2021).
13. *Fuchs, C.A. & A. Peres.* (2000). Quantum theory needs no “interpretation”. *Physics Today*, Vol. 53, No. 3, 70–71.
14. *Fuchs, C.A. & B.C. Stacey.* (2019). QBism: quantum theory as a hero's handbook. In: *Rasel, E.M., W.P. Schleich & S. Wölk* (Eds.). *Proceedings of the International School of Physics “Enrico Fermi,” Course 197 – Foundations of Quantum Physics*. Italian Physical Society, 133–202. Available at: <https://arxiv.org/abs/1612.07308> (date of access: 19.07.2021).
15. *Glick, D.* (2021). QBism and the limits of scientific realism. *European Journal for Philosophy of Science*, 11, 53.
16. *Healey, R.* (2022). Quantum Relativity without Relativism. Available at: <http://philsci-archive.pitt.edu/20397/> (date of access: 03.04.2022).
17. *Jaynes, E.T.* (1990). Probability in quantum theory. In: *Zurek, W.H.* (Ed.). *Complexity, Entropy, and the Physics of Information*. Addison-Wesley.
18. *Mermin, N.D.* (2012). Commentary: Quantum mechanics: Fixing the shifty split. *Physics Today*, Vol. 65, No. 7, 8–10.
19. *Pienaar, J.* A Quintet of Quandaries: Five No-go Theorems for Relational Quantum Mechanics. Available at: <https://arxiv.org/abs/2107.00670> (date of access: 19.07.2021).
20. *Rovelli, C.A.* Response to the Mucino-Okon-Sudarsky's Assessment of Relational Quantum Mechanics. Available at: <https://arxiv.org/abs/2106.03205> (date of access: 01.01.2022).

21. *Rovelli, C.* (2018). Physics needs philosophy, philosophy needs physics. *Foundations of Physics*, Vol. 48, No. 5, 481–491.

22. *Rovelli, C.* (1996). Relational quantum mechanics. *International Journal of Theoretical Physics*, Vol. 35, No. 8, 1637–1678.

23. *Rovelli, C.* The Relational Interpretation of Quantum Physics. Available at: <https://archiv.org/abs/2109.09170> (date of access: 25.09.2021).

24. *Williamson, T.* (2000). *Knowledge and Its Limits*. Oxford, Oxford University Press.

### **Информация об авторе**

*Прись Игорь Евгеньевич* – доктор философских наук, кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Института философии Национальной академии наук Беларуси (ул. Сурганова, 1, корп. 2. Минск, 220072, Беларусь)  
[frigpr@gmail.com](mailto:frigpr@gmail.com)

### **Information about the author**

*Pris, Igor Evgenievich* – Doctor of Sciences (Philosophy), Candidate of Sciences (Physico-mathematical sciences), Leading Researcher at the Institute of Philosophy of the National Academy of Sciences of the Republic of Belarus (1, bd. 2, Surganova st., Minsk, 220072, Belarus)

[frigpr@gmail.com](mailto:frigpr@gmail.com)

ORCID ID: 0000-0003-1721-6388

Дата поступления 15.05.2022