

УДК 164.07

DOI:

10.15372/PS20160105

И.Е. Прись*Unverhoffstr 23, 44263, Dortmund, Germany
frigpr@googlemail.com***ВИТТГЕНШТЕЙНОВСКАЯ ДЕМИСТИФИКАЦИЯ
ЭВЕРЕТТОВСКОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ
КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ***

Можно аргументировать, что классический метафизический реализм и классическая логика вынуждают нас принять интерпретацию квантовой механики типа той, которая была предложена Хью Эвереттом (Hugh Everett), то есть интерпретацию, которая вводит в рассмотрение «много миров». Такая интерпретация имеет как свои философские, так и собственно научные проблемы. Классический метафизический реализм, однако, может быть модифицирован. Мы высказываем некоторые соображения в пользу демистифицированной версии эвереттовской интерпретации квантовой механики в рамках неметафизического контекстуалистского реализма виттгенштейновского типа. Квантовая теория рассматривается как виттгенштейновское правило/концепт. «Провал» между теорией (правилом) и ее применением – конкретным результатом измерения – закрывается прагматически (то есть проблема измерения «растворяется»). Эвереттовские ветви-миры суть возможные (а не актуальные) применения теории-правила. Предложенный вывод правила Борна из детерминистской части квантовой механики, общих принципов рациональности и симметрии говорит, на наш взгляд, в пользу того, что в известном смысле правило Борна имплицитно в формализме квантовой механики, рассматриваемом в его применении. Развиваемая, в частности, Дэвидом Валласом сложная теория эвереттовской интерпретации есть та цена, которую приходится платить за отказ от модификации доктрины метафизического реализма.

Ключевые слова: квантовая механика, проблема измерения, интерпретация Эверетта, реализм, прагматизм, контекстуализм, вероятность, рациональный выбор, правило Борна, правило/концепт, Виттгенштейн

* Статья публикуется в авторской редакции.

I.E. Pris

Unverhoffstr 23, 44263, Dortmund, Germany
frigpr@googlemail.com

A WITTGENSTEINIAN DEMYSTIFICATION OF AN EVERETTIAN INTERPRETATION OF QUANTUM MECHANICS

It can be argued that if we commit ourselves to classical realism and classical logic we are forced to adopt an Everettian interpretation of quantum mechanics. But we cannot adopt it without substantial philosophical and physical qualifications. Nevertheless the classical metaphysical realism can be modified. We suggest an interpretation of quantum mechanics within a Wittgensteinian contextualist non-metaphysical realism, which is indeed a demystified version of the Everett interpretation. The quantum theory is a Wittgensteinian rule. The “gap” between this rule and a concrete result of measurement is closed pragmatically (the measurement problem is dissolved). The Everettian branches-worlds are possible (not actual) applications of the theory-rule. The suggested deduction of the Born rule from the deterministic part of quantum mechanics, the most general principles of rationality and the symmetry principles, in our view, means that in a sense the Born rule is implicit in the formalism of quantum mechanics taken in its application. A complicated theory of the Everettian interpretation of quantum mechanics, developed by David Wallace, is the price to pay for refusing to modify the doctrine of metaphysical realism.

Key words: quantum mechanics, measurement problem, Everett interpretation, realism, pragmatism, contextualism, probability, rational choice, Born’s rule, rule/concept, Wittgenstein

1. Аксиомы квантовой механики

Различные авторы формулируют основные положения квантовой механики в виде различного числа аксиом. Я выделяю (достаточно условно) следующие четыре аксиомы, которые формулирую в определенном философском контексте.

Аксиома 1. Состояние квантовой системы *представляется волновой функцией* ψ , которая *есть* нормированный вектор (*представляется* нормированным вектором) в гильбертовом пространстве. В более простых терминах: квантовое состояние ψ *есть* нормированный вектор в гильбертовом пространстве.

Поскольку пространство Гильберта есть линейное пространство, следствием аксиомы 1 является следующий *принцип суперпозиции*: кван-

товая система может находиться в состоянии, которое есть линейная суперпозиция ее состояний. То есть, образно говоря, она как бы может одновременно находиться в различных своих состояниях. Например, говорят, что квантовая частица может одновременно находиться в разных (или даже во всех) точках пространства.

Отметим, что формулировка аксиомы 1 имеет дело с утверждениями тождества и, в частности, тождества между величиной ψ , представляющей в рамках физической теории реальное состояние реальной квантовой системы, и математической величиной (нормированным вектором в пространстве Гильберта). Последний хорошо определен без упоминания квантовой системы или квантовой теории, представляющей квантовую систему. Напротив, определение волновой функции ψ предполагает, помимо всего прочего, ссылку на соответствующую математическую величину. В этом смысле ее семантика и, в более общем плане, семантика любой физической теории двумерна: она подразумевает как чисто математическое измерение, так и собственно физическое измерение, хотя последнее не может быть четко отделено от первого (но не *vice versa*).

Дополнительный физический смысл физической теории определяется ее связями с опытом/экспериментом, другими физическими теориями, научной практикой и обыденной жизнью.

Аксиома 2. Квантовые физические наблюдаемые *суть* самосопряженные операторы (*представляются* самосопряженными операторами) в пространстве Гильберта волновых функций квантовой системы. Классической физической величине A соответствует квантовая физическая величина \underline{A} . (Например, классической координате x соответствует квантовая координата \underline{x} , которая (в координатном представлении) есть оператор умножения волновой функции на функцию $\langle x \rangle$, а классической проекции импульса на ось x , p_x соответствует оператор $-\hbar \partial_x$).

Это опять же утверждение тождества. Математическая часть его играет существенную роль в определении физической наблюдаемой в рамках квантовой механики и, следовательно, в идентификации соответствующей реальной физической величины.

Вышеупомянутые тождества не представляют (описывают) полностью независимую от квантовой теории хорошо определенную реальность в смысле классического репрезентационализма (изнанкой которого является классический метафизический реализм). Следует, скорее, говорить об *укорененности* квантовой теории и ее математиче-

ской структуры в научной практике, которую она не только «представляет», но и которой она управляет (как правило/концепт в виттгенштейновском смысле).

Каноническое квантование классической механики, при котором в результате «гештальт-скачка» классические наблюдаемые (координаты, импульс и так далее) превращаются в соответствующие самосопряженные операторы, есть в то же время установление связи между классической и квантовой механикой: первая вносит свой вклад в придание смысла квантовым наблюдаемым.

Аксиома 2 также говорит, что собственные значения представляющих физические наблюдаемые самосопряженных операторов являются получаемыми в результате измерения возможными значениями этих наблюдаемых. Если квантовое состояние описывается собственной функцией представляющего наблюдаемую самосопряженного оператора, результат измерения этой наблюдаемой (и, *prima facie*, в этом и только этом смысле и сама наблюдаемая) имеет определенное значение, совпадающее с соответствующим собственным значением оператора. Квантовая система содержит, таким образом, детерминистскую часть.

Квантовая механика однозначно предсказывает определенное значение физической величины лишь в том случае, когда квантовая система находится в одном из ее собственных состояний. Для суперпозиций собственных состояний физической величины она предсказывает лишь вероятности получения при измерении того или иного ее значения (см. аксиому 4 ниже). Дэвид Льюис [Lewis, 2001] отмечает, что общее понятие суперпозиции не является специфически квантовомеханическим.

Спутывание состояний – следствие принципа суперпозиции и принципа, согласно которому состояние составной системы имеет структуру тензорного произведения. Спутывание исключает возможность введения классических скрытых параметров. Неклассические (нелокальные или контекстуалистские) скрытые параметры могут быть введены [Wallace, 2007].

Замечание

Предположим, что все коэффициенты в некоторой суперпозиции собственных волновых функций физической величины, за исключением одного, очень малы. Тогда было бы естественным рассматривать собственное значение, соответствующее «большому» слагаемому в суперпо-

зиции, как приближенно являющееся детерминированным и преддетерминированным. Но согласно стандартной аксиоме полноты это невозможно. Следовательно, либо, в известном смысле, квантовой системе можно приписать некоторые преддетерминированные значения наблюдаемой даже в случае суперпозиции ее собственных состояний, либо даже в том случае, когда система находится в собственном состоянии, соответствующее собственное значение не может рассматриваться как преддетерминированное. В обоих случаях стандартная формулировка полноты квантовой механики неудовлетворительна. В последнем случае квантовая механика не нуждается в аксиоме полноты вообще; она будет неполна в том смысле, что она даже не поднимает вопрос о существовании преддетерминированных значений наблюдаемых. В первом случае она не будет полной в соответствии с некоторой модифицированной аксиомой полноты, поскольку в случае суперпозиций она ничего не говорит о значениях наблюдаемых до измерения.

Аксиома 3 (динамическая аксиома). Эволюция квантовой системы унитарна и определяется ее гамильтонианом, то есть самосопряженным оператором энергии. Это требование приводит к уравнению Шредингера для волновой функции. Такая эволюция является непрерывной и детерминистской. (В этом смысле квантовая механика – детерминистская теория.)

Аксиома 4 (вероятностная аксиома). Вероятность получения определенного значения наблюдаемой равна квадрату модуля соответствующего коэффициента в разложении волновой функции системы по базису собственных функций наблюдаемой. Это так называемое правило Борна.

Обобщенное правило Борна использует неортонормированные системы волновых функций (или, альтернативно, систему положительных операторов вместо системы проекторов)

Аксиома вероятности рассматривается как дополнительное «эмпирическое» правило, устанавливающее связь между теорией и экспериментом (очевидно, однако, что вторая аксиома и в меньшей степени первая и третья тоже играют определенную роль в установлении такой связи). Она не является частью хорошо определенной теории.

Аксиома вероятности также придает дополнительный смысловой (вероятностный) нюанс детерминистской части квантовой теории: Физическая наблюдаемая имеет определенное значение в своем собствен-

ном состоянии в том смысле, что вероятность получения этого значения в процессе измерения равна 1. (В соответствии с аксиомой 2 наблюдаемая имеет определенное значение в своем собственном состоянии в том смысле, что результат измерения является (предо)определенным.)

Чтобы лучше понять смысл вероятностной аксиомы, необходимо лучше понять концепт вероятности, во введении которого нет необходимости для понимания детерминистской части квантовой механики. Мы не обязаны интерпретировать детерминистское событие как имеющее вероятность 1. Напротив, как мы увидим ниже, можно попытаться понять вероятность и вероятностную часть квантовой механики на основе понимания ее детерминистской части и наиболее общих принципов рациональности и симметрии (см. п. 8.). Можно, таким образом, предположить, что сама квантовая механика вносит вклад в определение понятия квантовой вероятности, как это имеет место с квантовыми наблюдаемыми, а так называемая проблема измерения в квантовой механике может рассматриваться как проблема понимания аксиомы вероятности в рамках стандартной квантовой механики, если это возможно, или в рамках модифицированной или более общей квантовой теории.

2. Проблема с аксиомой вероятности

Очевидная проблема с аксиомой вероятности (аксиомой 4) состоит в том, что, по всей видимости, аксиома противоречит утверждению о детерминистской и непрерывной эволюции волновой функции (аксиоме 3). В соответствии с аксиомой 4 в общем случае в результате измерения волновая функция системы изменяется скачкообразным и недетерминистским образом. В результате измерения наблюдаемой исходная суперпозиция ее собственных волновых функций преобразуется вероятностным образом в ту или иную ее собственную волновую функцию. Такое преобразование не описывается уравнением Шредингера. Сам же акт измерения предполагает наличие макроскопического инструмента измерения и наблюдателя.

Замечание. Иногда понятие наблюдателя включается в понятие инструмента наблюдения или же наоборот. Я определяю связь между квантовой системой, инструментом наблюдения и наблюдателем следующим образом: наблюдатель *употребляет* инструмент для «измерения» кван-

товой наблюдаемой. Термин «употребляет» указывает на необходимость принятия во внимание прагматики, то есть, как правило, неартикулированной (бэкграундной) научной практики, которая в свою очередь неотделима от практики употребления обыденного языка.

Имеет место следующая трилемма: либо квантовая теория неприменима к макроскопическому миру и, в частности, к инструменту измерения и наблюдателю (тогда она не универсальна), и в этом случае аксиома 4 устанавливает связь между микромиром и не относящимся к компетенции квантовой механики макроскопическим миром классической механики, либо скачкообразное и недетерминистское изменение волновой функции есть специфический вид эволюции в рамках квантовой теории (в этом случае имеет место дуализм законов квантовой эволюции), либо «процесс измерения» не является физическим процессом. Каждая опция имеет свои «за» и «против».

Замечание. Мы не наблюдаем макроскопические объекты в суперпозиции их состояний. Это является эмпирическим аргументом против применения квантовой механики к макроскопическому миру. *Теория декогерентности* объясняет видимое отсутствие макроскопических суперпозиций взаимодействием физической системы с внешней средой, в результате которого всякая исходная суперпозиция очень быстро преобразуется в состояние с определенным значением наблюдаемой. «Кот Шредингера», помещенный в абсолютно герметический ящик, был бы одновременно живым и мертвым (то есть он находился бы в суперпозиции этих двух состояний). Проблема в том, что мы не могли бы его наблюдать, так как при открытии ящика в результате спутывания квантового состояния кота с состоянием внешней среды исходная суперпозиция очень быстро преобразовалась бы либо в состояние «живой», либо в состояние «мертвый».

В данной статье я делаю выбор в пользу опции 3: скачкообразное изменение волновой функции не является реальным пространственно-временным физическим процессом (см. демистификацию эвереттовской интерпретации ниже).

В то же время, как известно, квантовая механика успешно применяется для исследования самого процесса измерения. Но в этом случае «процесс измерения» играет другую роль – субъект не является непосредственным участником процесса измерения (точка зрения первого

лица), а, напротив, «наблюдает» процесс измерения со стороны (точка зрения третьего лица), не вмешиваясь в него.

Точка зрения третьего лица приводит к бесконечному регрессу, который, конечно, всегда можно остановить, но только за счет перехода к точке зрения первого лица.

Решение проблемы измерения, постулирующее, что скачкообразное и недетерминистское изменение волновой функции – коллапс (термины «редукция» и «проекция» также употребляются) – не есть физический процесс, было предложено фон Нейманом (von Neumann).

Решение фон Неймана позволяет не только устранить противоречие между аксиомами 3 и 4, но также и противоречие между квантовой механикой и специальной теорией относительности. Простой мысленный эксперимент показывает, что введение в квантовую механику мгновенного коллапса волновой функции как физического процесса несовместимо с обращением временного порядка событий, разделенных пространственно-подобным интервалом (в специальной теории относительности). Но если коллапс не является пространственно-временным процессом, мысленный эксперимент не корректен.

Интерпретация фон Неймана, вводящая в рассмотрение коллапс, – разновидность инструменталистской интерпретации квантовой теории, когда последняя рассматривается лишь как предсказательный инструмент, лишенный онтологического и объяснительного смысла. Взгляд фон Неймана на процесс измерения – это взгляд со стороны.

Я предлагаю рассматривать проблему измерения с точки зрения первого лица. В этом отличие моего подхода от подхода фон Неймана. С точки зрения первого лица измерение есть прагматический акт, в котором принимают участие субъект, инструмент измерения и теория, а не процедура для получения того или иного результата. При этом квантовая теория играет роль правила/концепта в виттгенштейновском смысле (см. также ниже). В результате акта измерения первоначальный «провал» между теорией и результатом конкретного измерения (в рамках своего прагматического «растворения» проблемы измерения Бахтольд [Bachtold, 2009] говорит о «разрыве» между теорией, которая описывает *потенциальные* результаты измерения, и *актуальным* результатом измерения) устраняется (точнее говоря, в акте измерения он просто отсутствует). Теория-правило содержит в себе некоторые потенциальные возможности своего применения. Конкретное применение теории реализует/актуализирует одну из этих возможностей. «Процесс» применения теории-правила, или акт измерения, есть виттгенштейновская «языковая

игра», то есть нормативная практика. Не имеет смысла говорить о применимости к ней квантовой механики. В то же время в результате акта измерения возникает новое состояние квантовой системы, которое описывается квантовой механикой.

3. Спутывание квантовых состояний и концепт «относительного состояния» Эверетта

Возьмем квантовую систему со спином $\frac{1}{2}$ (например, электрон). Предположим, что (нормированная) волновая функция системы – суперпозиция двух ее (нормированных) состояний: состояния, в котором проекция спина на ось z равна $\frac{1}{2}$, и состояния, в котором проекция спина на ось z равна $-\frac{1}{2}$. Тогда вероятности получения при измерении проекции спина на ось z значений $\frac{1}{2}$ и $-\frac{1}{2}$ совпадают с квадратами модулей соответствующих коэффициентов в (разложении) волновой функции системы.

Примем теперь во внимание наличие инструмента измерения и наблюдателя, которые взаимодействуют с квантовой системой. В результате измерения проекция спина на ось z инструмент показывает либо значение $\frac{1}{2}$, либо $-\frac{1}{2}$, и наблюдатель наблюдает либо значение $\frac{1}{2}$, либо $-\frac{1}{2}$. Таким образом, в соответствии с законом унитарной эволюции в процессе измерения исходное тензорное произведение трех волновых функций (система)⊗(инструмент)⊗(наблюдатель) (где (система) есть волновая функция спиновой системы, (инструмент) есть волновая функция инструмента и (наблюдатель) есть волновая функция наблюдателя, а символ ‘⊗’ обозначает тензорное произведение) преобразуется в суперпозицию тензорных произведений

$$\begin{aligned} & \frac{1}{\sqrt{2}} (\text{система спин } +\frac{1}{2}) \otimes (\text{инструмент спин } +\frac{1}{2}) \otimes \\ & (\text{наблюдатель спин } +\frac{1}{2}) + \frac{1}{\sqrt{2}} (\text{система спин } -\frac{1}{2}) \otimes \\ & (\text{инструмент спин } -\frac{1}{2}) \otimes (\text{наблюдатель спин } -\frac{1}{2}), \end{aligned} \quad (\#)$$

в котором, например, (наблюдатель спин $+\frac{1}{2}$) есть волновая функция наблюдателя, наблюдающего результат $\frac{1}{2}$, и так далее. Предполагается, таким образом, что квантовая механика универсальна, то есть применима

и к макроскопическим инструменту и наблюдателю. Структура этой суперпозиции сохраняется во времени.

Вышеуказанное состояние (#) позволяет проиллюстрировать концепт «относительного состояния», введенный Эвереттом [Everett, 1957, pp. 454–462]: «“A constituent subsystem cannot be said to be in any single well-defined state, independently of the remainder of the composite system. To any arbitrarily chosen state for one system there will correspond a unique relative state for the remainder of the composite system. (...) Such correlations between systems arise whenever systems interact” (нельзя сказать, что составляющая квантовую систему подсистема находится в каком-то одном хорошо определенном состоянии, независимо от остальной части составной системы. Каждому произвольно выбранному состоянию одной системы будет соответствовать единственное относительное состояние оставшейся части составной системы. (...) Такие корреляции между системами возникают всякий раз, когда системы взаимодействуют. – *Перевод мой – И.П.*). “It is meaningless to ask the absolute state of a subsystem – one can only ask the state relative to a given state of the remainder of the subsystem” (бессмысленно спрашивать об абсолютном состоянии подсистемы – можно лишь спрашивать об ее относительном состоянии по отношению к данному состоянию остатка системы. – *Перевод мой – И.П.*). “The discontinuous “jump” into an eigenstate is thus only a relative proposition, dependent upon the mode of decomposition of the total wave function into the superposition, and relative to a particular chosen apparatus-coordinate value. So far as the complete theory is concerned all elements of the superposition exist simultaneously, and the entire process is quite continuous” (дискретный «скачок» в собственное состояние является, таким образом, лишь относительным утверждением, зависящим от способа разложения полной волновой функции в суперпозицию, и относительным по отношению к конкретно выбранному аппарат-координатному значению. Что касается полной теории, все элементы суперпозиции существуют одновременно, и весь процесс целиком является совершенно непрерывным. – *Перевод мой – И.П.*)».

В (#) состояния (система спин $+1/2$), (инструмент спин $+1/2$) и (наблюдатель спин $+1/2$) являются относительными по отношению друг к другу, также как взаимно относительными являются состояния (система спин $-1/2$), (инструмент спин $-1/2$) и (наблюдатель спин $-1/2$).

Эвереттовская интерпретация (в широком смысле подробнее см. ниже) говорит, что в одном «мире» наблюдатель наблюдает (инструмент

показывает, система имеет) спин $+1/2$, а в другом $-1/2$). Расщепление на два мира происходит в момент измерения.

4. Реализм

В контексте квантовой механики (но это справедливо и в общем случае) Жослин Бенуаст (см., например, [Benoist, 2005]) характеризует метафизический реализм как философскую позицию, принимающую следующие два основных положения: (1) имеется независимая от субъекта (объективная) реальность; (2) эта реальность есть реальность (хорошо определенных) объектов, расположенных, так сказать, напротив субъекта.

Метафизический реализм, таким образом, подразумевает возможность неангажированного «взгляда со стороны».

Бенуаст принимает (1), но отвергает (2). Для него подлинная реальность есть реальность взаимодействия между субъектом и миром. *Последняя онтология* не является онтологией метафизического реализма.

Я принимаю здесь предложенную Бенуастом разновидность витгенштейновского контекстуализма – позицию, которую он называет *чувствительной онтологией* (sensitive ontology): «“The question of what it is to be an F comes out as inseparable from the fact that *we already take some a or b to be F 's in some definite way*” (вопрос о том, что означает быть F неотделим от факта, что мы уже считаем, что некоторые a или b есть F в некотором определенном смысле. – *Перевод мой – И.П.*)» [Benoist, 2012, с. 424]. Используя введенный Бенуастом технический термин «адекватный концепт» (см. ниже), я бы сказал так: объект x вида F существует (реален) тогда и только тогда, когда концепт F применим к нему *адекватным* образом, Fx .

Жослин Бенуаст вводит два условия на концепты: *подходящесть* и *адекватность*. Последнее условие является более сильным. Подходящий концепт соответствует области реальности, которую он предназначен описывать (представлять). «Адекватный концепт» связан с реальностью интимным образом. Это подходящий концепт, который укоренен в реальности, питается ее, отражает ее во всей ее полноте (проблема, конечно, состоит в том, чтобы понять эту интимную связь между концептами и реальностью). *Эпистемологический провал* между адекватным концептом и реальностью отсутствует [Benoist, 2010/2011, 2011, 2012].

Можно утверждать, что принятие классического (метафизического) реализма в квантовой механике, то есть реализма волновой функции (ψ -реализм), а также классической логики, требует принятия эвереттовской интерпретации [Wallace, 2007], которая вводит в рассмотрение много миров (см. ниже).

Я предлагаю интерпретировать квантовый формализм как виттгенштейновское правило/концепт и утверждаю, что замена метафизического реализма неметафизическим контекстуалистским виттгенштейновским реализмом/натурализмом языковых игр позволяет демистифицировать *эвереттовскую интерпретацию*. Квантовое «взаимодействие» между субъектом и миром есть применение теории-правила-концепта, то есть это виттгенштейновская «языковая игра», или нормативная практика.

Замечания. 1. Понятие виттгенштейновского правила/концепта может быть сделано эксплицитным, исходя из философии позднего Виттгенштейна. Предельно кратко: правило определяется «формой жизни», то есть областью своих устоявшихся применений, между которыми имеется отношение семейного сходства. 2. То, что поздний Виттгенштейн может быть понят как натуралистический нормативный прагматист, или «нормативный натуралист», и реалист не является общепринятой позицией. Некоторые последователи философии Виттгенштейна вообще отказываются классифицировать его позднюю философию как некоторый «изм», делая упор на виттгенштейновском «терапевтическом методе» (см., например, [Horwich, 2012]). В то же время, например, нормативный прагматизм [Brandom, 1994] и аналитический прагматизм [Brandom, 2008] Роберта Брэндома вдохновляются идеями позднего Виттгенштейна. 3. Термин «прагматический натурализм» по отношению к философии Вильфрида Селларса (Wilfrid Sellars) и позднего Виттгенштейна употребляет Брэндом [Brandom, 1994]. Термин *нормативный натурализм* употребляет Мередит Уильямс [Williams, 2011, pp. 335–375]. Относящийся к *употреблению* языка прагматический натурализм является «субъект-натурализмом» (subject naturalism). Различие между субъект-натурализмом – натурализмом вовлеченных в дискурсивные практики субъектов, и объект-натурализмом (object naturalism) – репрезентационным семантическим натурализмом объектов и их свойств, ввел Хью Прайс (см. [Price, 2013] и ссылки на философию Прайса в [Brandom, 2013]).

Я употребляю термин «эвереттовская интерпретация», отсылая не к оригинальной интерпретации Эверетта (существует проблема выяснения оригинального намерения самого Эверетта), а к современным интерпретациям, которые близки по духу к интерпретации Эверетта.

Обычно интерпретация Эверетта рассматривается как *чистая интерпретация*, которая не модифицирует физическую теорию и не вводит метафизических понятий. Сам Эверетт говорит о своей интерпретации как о «метатеории», или «базовой (underlying) теории», в рамках которой может быть прояснена и исследована природа, непротиворечивость и область применимости «старой теории», то есть квантовой механики [см.: Vachtd, 2009].

В данной статье, в частности, рассматривается интерпретация Даниэла Валласа (Daniel Wallace), который также считает свою интерпретацию квантовой механики «чистой интерпретацией» (см., например, [Wallace, 2007]). При этом Валлас существенно использует явление декогерентности (см. ниже). Эвереттовские миры не вводятся в квантовую механику как дополнительная конструкция, а они возникают на более высоком (макроскопическом) уровне функционального описания на базе микромира.

Интерпретации, вдохновляемые интерпретацией Эверетта, но модифицирующие квантовую механику или вводящие в рассмотрение дополнительные метафизические гипотезы, такие, как, например, «многомиров» или «много-сознаний» интерпретации, были отвергнуты большинством философов.

«Много-миров» интерпретация вводит в рассмотрение онтологию многих физических миров и в то же время модифицируют квантовую теорию, вводя в нее индекс, отсылающий к тому или иному миру. Модифицированная квантовая механика применяется к системе всех миров. Проблема измерения при этом решается: в каждом мире имеется свой результат измерения. Вероятность находиться в том или ином мире есть вероятность получить тот или иной результат измерения.

Очевидной физической проблемой в рамках такой интерпретации является нарушение закона сохранения энергии в момент измерения, когда происходит расщепление мира на много миров. Кроме того, проблема измерения преобразуется в проблему понимания внезапного расщепления мира на множество почти идентичных и не взаимодействующих друг с другом миров.

«Много-сознаний» интерпретация, напротив, вместо расщепления мира на множество миров вводит расщепление сознания на множество

сознаний. Это дуалистическая позиция (детали см., например, в [Wallace, 2007].) Поэтому она отвергается на тех же основаниях, что и любая дуалистическая позиция.

5. Идея расщепления мира в момент квантово-механического измерения

Вернемся к нашей квантовой системе со спином $\frac{1}{2}$ (см. п. 3). Возьмем, например, электрон. Возможные результаты измерения проекции спина свободного электрона на ось z суть $+\frac{1}{2}$ (с вероятностью $\frac{1}{2}$) и $-\frac{1}{2}$ (с вероятностью $\frac{1}{2}$).

С точки зрения классического реализма (на самом деле традиционного «метафизического реализма») волновая функция

$$\begin{aligned} & \frac{1}{\sqrt{2}} (\text{система спин } +\frac{1}{2}) \otimes (\text{инструмент спин } +\frac{1}{2}) \otimes \\ & (\text{наблюдатель спин } +\frac{1}{2}) + \frac{1}{\sqrt{2}} (\text{система спин } -\frac{1}{2}) \otimes \\ & (\text{инструмент спин } -\frac{1}{2}) \otimes (\text{наблюдатель спин } -\frac{1}{2}) \end{aligned} \quad (\#)$$

описывает два различных мира, или две ветви мира, расщепляющегося в момент измерения. Единственное различие между этими ветвями-мирами состоит в том, что результаты измерения в них различны. В одном мире наблюдатель наблюдает (инструмент измеряет, и система находится в состоянии c) проекцию спина на ось z равную $\frac{1}{2}$. В другом мире $-\frac{1}{2}$.

В соответствии с линейным уравнением Шредингера эволюция волновой функции (#) такова, что ее структура сохраняется во времени. То есть две ветви-мира как бы существуют сами по себе, не оказывая друг на друга никакого влияния. В рамках теории декогерентности (см. ниже) это результат обобщается.

Такова основная идея эвереттовской интерпретации.

Сторонники этой интерпретации считают, что (i) в ее рамках решается проблема измерения; она (ii) она совместима со специальной теорией относительности, и (iii) удовлетворяет условию онтологической экономии (см., например, [Greaves, 2007]).

В то же время эвереттовская интерпретация имеет две принципиальные проблемы: проблема предпочтительного базиса и проблема веро-

ятности. Проблема вероятности подразделяется на качественную проблему придания смысла понятиям возможности и вероятности в мире, в котором все возможные (с точки зрения стандартной интерпретации квантовой механики) исходы актуальны, и количественную проблему вывода правила Борна (см. ниже). Проблема предпочтительного базиса (см. детали, например, в [Wallace, 2007]) есть проблема выбора базиса разложения волновой функции.

Функция (#) есть вектор в гильбертовом пространстве, и он может быть разложен различным образом на различные чисто компонент. Поэтому возникает вопрос о том, какие из соответствующих бесконечному числу разложений многоветвевых миров/вселенных, следует рассматривать как «реальные». Если предположить, что выбор базиса определяется процедурой измерения, то есть тем, какие величины наблюдатель намеревается измерять, то этот выбор (и, следовательно, ветвящийся мир (вселенная)) будет полностью субъективным и внешним по отношению к квантовой системе. Следовательно, он не будет вписываться в рамки глобального подхода Эверетта. Любой наблюдатель оказался бы способным произвести расщепление целой вселенной или генерировать некоторое число квази-идентичных вселенных.

Теория декогерентности, описывающая взаимодействие квантовой системы со средой, $\psi_{sys} \otimes \psi_{env}$, претендует на то, что она способна решить проблему предпочтительного базиса. Предпочтительный базис квантовой системы есть такой базис, в котором квантовая система представляется как континуум квази-классических траекторий. При этом среда считает свойства квантовой системы (относительно этого базиса), не возмущая ее. Функционально это создает некоторое число очень слабо взаимодействующих между собой квази-классических ветвей-миров Эверетта. (Соответствующая часть среды играет роль классического наблюдателя для каждого мира.)

Дэвид Валлас является одним из сторонников такого подхода (см. детали в [Wallace, 2007]). При этом он принимает функционализм в духе Деннетта (см., в частности, [Dennett, 1991]), в соответствии с которым, например, некоторое число атомов инстанцирует тигра благодаря их «тигровой» функциональной роли, то есть роли, совпадающей с функциональной ролью тигра. При этом природа атомов не играет никакой роли; важна лишь их совокупная функция.

Таким образом, дополнительная онтология не вводится, квантовая теория не модифицируется. «Миры» возникают на более высоком – функциональном – уровне. (Заметим, что в рамках стандартной интер-

претации квантовой механики теория декогерентности не решает проблему измерения, то есть проблему выбора той или иной квазиклассической траектории).

Проблема с явлением декогерентности состоит в том, что оно представляется существенно приближенным и, как следствие, существенно неопределенным. При больших масштабах декогерентность является более отчетливой (и число декогерентных крупномасштабных ветвей-миров меньше), а при меньших масштабах – менее отчетливой (и число декогерентных мелкомасштабных ветвей-миров больше). Валлас [Wallace, 2005] полагает, однако, что эта неопределенность не играет никакой роли, поскольку является неопределенностью в описании. Для него глубинная квантовая реальность не зависит от выбора масштаба рассмотрения явления декогерентности.

Валлас пишет: «“Branching structure is not fundamental, but emerges from some underlying physical reality” (ветвящаяся структура не фундаментальна, а возникает из некоторой базовой физической реальности. – *Перевод мой – И.П.*)» [Wallace, 2005]. В духе позиции Деннетта [Den- net, 1991] он также пишет: «“The branching (...) emerges from the underlying system as a higher-level approximate description – rather as higher-level ontology in general emerges from lower-level descriptions” (скорее ветвление (...) возникает из базовой системы как приближенное описание более высокого уровня – а не онтология более высокого уровня возникает из описаний более низкого уровня. – *Перевод мой – И.П.*)» [Wallace, 2005].

В рамках эвереттовской интерпретации ветвям-мирам приписываются веса, равные квадратам модулей соответствующих в разложении волновой функции коэффициентам. Этот шаг, однако, должен быть обоснован. Сам Эверетт обосновывает его тем, что такие веса определяют меру Лебега на многоветвевом мире/вселенной. (В частности, такая мера аддитивна). Дойч и Валлас выводят те же самые веса из некоторых общих принципов рациональности (теории игр) (см. ниже). Правило Борна, формально, определяется этими весами на многоветвевом мире/вселенной Эверетта.

Основная проблема, однако, в том, что принципы рациональности сами по себе не содержат понятие вероятности, которое не может быть просто добавлено *ad hoc*.

Многоветвевая эвереттовская интерпретация является детерминистской. Поэтому неясно, каким образом в ее рамках можно придать смысл понятию вероятности, то есть каким образом можно установить

связь между этой интерпретацией и нашим обычным вероятностным восприятием квантового опыта. Тем не менее некоторые сторонники многоветвевой эвереттовской интерпретации утверждают, что именно в ее рамках понятие вероятности приобретает подлинный смысл. Для них аксиома вероятности может быть объяснена или, по крайней мере, сделана излишней. В частности, в рамках эвереттовской интерпретации Саундерс [Saunders, 1998] пытается придать смысл понятию субъективной вероятности. При этом субъективная недостоверность (вероятность) может быть введена двумя способами. Можно заметить, что *после* измерения, когда субъект еще не знает каков его результат, то есть не знает где (на какой ветви-мире) он находится, он будет в той или иной степени верить, что он находится в том или ином мире. Другой способ введения понятия вероятности состоит в следующем. До выполнения акта измерения субъект знает, что он расщепится на множество субъектов, имеющих разные опыты. Субъект также знает, что после выполнения акта измерения он не будет испытывать все эти опыты одновременно, и в то же время он знает, что он не будет лишен вообще какого-либо опыта. Субъект не может сказать (и он знает об этом), что он будет иметь такой-то и такой-то определенный опыт. Следовательно, с субъективной точки зрения, или с точки зрения первого лица, переход от «до» к «после» оказывается неопределенным. Агент не знает, что ожидать, так как он ожидает, что он будет одним из своих будущих «я», но он не знает каким.

Предположение этого рассуждения состоит в том, что субъект сохраняет свою персональную идентичность. Но чисто экстерналистский критерий (причинная связь) сохранения персональной идентичности, недостаточен. В то же время очевидно, что в рассматриваемой ситуации картезианское понятие персональной идентичности также неприменимо.

Парфит [Parfit, 1984] заменяет понятие персональной идентичности понятием персонального выживания. Согласно этому понятию я поступаю разумно, если я забочусь о моих будущих наследниках, даже если у меня нет какого либо конкретного взгляда на то, являются ли они *мною* или нет (см., например, [Wallace, 2006]). Возможно, Парфит идет слишком далеко в своих выводах. Верно, однако, что понятие персональной идентичности должно быть обобщено.

Гривз [Greaves, 2004, 2007a, 2007b] обосновывает тезис, согласно которому понятие вероятности не имеет смысла в рамках детерминистской эвереттовской интерпретации. Ее возражение состоит в том, что

понятие неопределенности (или субъективной вероятности) имеет смысл только тогда, когда имеются некоторые факты, которые субъекту неизвестны. В случае же эвереттовской интерпретации у субъекта имеется знание о всех фактах.

Валлас относительно этого тезиса полагает, что Гривз указывает на возможность нарушения нашего концепта персональной идентичности. Он пишет [Wallace, 2006]: «“I think that Greaves is best read as sharing this view: according to her version of the Everett interpretation, I should replace any notion of becoming a post-splitting version of myself simply with the notion of caring about the future versions of myself, and should treat ‘I expect experience X ’ simply as synonymous with ‘a future version of myself has experience X ’” (Я думаю, что Гривз наилучшим образом может быть понята как придерживающаяся следующей точки зрения: в соответствии с ее версией интерпретации Эверетта я должен заменить любое понятие становления пост-расщепленной версии меня самого понятием заботы о будущих версиях меня самого, и я должен трактовать ‘Я ожидаю опыт X ’ просто как синоним ‘Будущая версия меня самого имеет опыт X ’” – *Перевод мой – И.П.*)». Сама Гривз говорит, что в случае эвереттовского расщепления, идентичность есть просто выживание.

Валлас предлагает альтернативный подход к обоснованию субъективной неопределенности в [Wallace, 2006]. Он анализирует употребление языка «жителлями» многоветвевой эвереттовской вселенной/мира. Согласно его анализу высказывание «могло бы быть A » (it might be A) истинно тогда и только тогда, когда A истинно на некоторых ветвях (см. ниже п. 9). Валлас [Wallace, 2005] также предлагает доказательство вероятностного аналога теоремы Дойча (см. ниже).

6. О понятии возможности

Для древнегреческого философа Диодора Крона (Διόδωρος Κρόνος) *возможное* – это то, что *является* или *будет* истинным. Аристотель отвергает это определение. Он объясняет понятие возможного так: неверно сказать, что то, что возможно не будет иметь место (см. [Bitbol, 2000, с. 320]). Это очевидный переход на уровень употребления обыденного языка: Аристотель определяет возможное посредством двойного отрицания.

Мишель Битболь замечает, что двойное отрицание – один из самых замечательных фактов *априорного* определения вероятностей – было

отмечено Виттгенштейном. Событию того или иного типа приписывается некоторая вероятность не потому, что есть основания полагать, что события этого типа возникают с соответствующей частотой, а потому, что вследствие наличия некоторых симметрий, нет оснований полагать, что оно будет возникать с другой частотой (сравните с «функциональным определением вероятности» в п. 7.)

Для Аристотеля между прошлым и будущим имеет место асимметрия: прошлое – это то, что уже произошло; оно неизменно (под необходимостью Аристотель понимает «the unalterability of whatever has already happened» (неизменность того, что уже произошло)) (Цит. по: [Ackrill, 1963, с. 50–51]; так же цитируется в [Fitting, 1988]). Будущее еще неопределенно. Утверждение «Завтра будет морская битва» ни истинно, ни ложно.

Аристотелевский взгляд на будущее и аристотелевское/виттгенштейновское определение возможного применимо к квантовой механике. Предложение «Результат измерения (не) будет $\frac{1}{2}$ ($-\frac{1}{2}$)» ни истинно, ни ложно. До момента измерения имеют дело с контр-актуальностями, то есть с тем, что могло бы быть (might be) или не могло бы быть с той или иной вероятностью. После измерения, когда конкретный его исход известен, имеют дело с контр-фактуальностями, то есть с тем, что могло (could have been) или не могло бы быть с той или иной вероятностью. И контр-актуальности и контр-фактуальности объективны.

Ниже я предлагаю рассматривать детерминистскую часть аппарата квантовой механики вместе с принципами рациональности и симметрии как виттгенштейновское правило (норму). Детерминистские предсказания квантовой механики относятся к устоявшимся актуальным употреблением этого правила. Если модальные языковые игры (с соответствующими степенями достоверности) вида «результат измерения спина электрона может быть $\frac{1}{2}$ ($-\frac{1}{2}$)» (контр-актуальная возможность) и «результат измерения спина электрона мог бы быть $\frac{1}{2}$ ($-\frac{1}{2}$)» (контр-фактуальная возможность) естественным образом возникают в рамках детерминистской части квантовой механики, то это означает, что правило Борна может быть выведено из нее (см. ниже п. 8).

Замечание

Валлас [Wallace, 2005] напоминает, что Льюис [Lewis, 1986] определил возможность как относящуюся к некоторому классу предопределенных «возможных миров» (таких как физически дозволенные миры или физически дозволенные миры, совместимые с некоторыми данными

(x и так далее): P возможно относительно некоторого класса тогда и только тогда, когда P истинно для некоторого мира w из этого класса. Я понимаю это следующим образом: (реальная) возможность определяется по отношению к некоторому виттгенштейновскому правилу. То есть реальная возможность есть возможность употребления виттгенштейновского правила/концепта. Я интерпретирую снабженные весами эвереттовские параллельные миры как контр-актуальные или контр-фактуальные «языковые игры», которые могут быть более или менее достоверными.

Другими словами я предлагаю понять вывод Дойча-Валласа правила Борна из детерминистской части квантовой механики и теории принятия рациональных решений (см. п. 8), а также аргумент употребления языка Валласа, примененный к многоветвевой эвереттовской вселенной (см. п. 9), в терминах языковых игр и виттгенштейновской проблемы следования правилу.

7. О функциональном подходе к концепту вероятности

В квантовой механике понимание правила Борна требует понимания концепта вероятности. Но, как считает, например, Валлас, квантовой механике, также как и всем другим вероятностным теориям, недостает по-настоящему пригодного субстанциального определения вероятности (см., например, [Wallace, 2006, 2007]). Так, классическое определение вероятности события как относительной его частоты при большом числе измерений является круговым, поскольку предполагает равновероятность элементарных событий. Представляется, однако, возможным дать функциональное определение вероятности.

Главный Принцип (Principal Principle) Льюиса ([Lewis, 1980], цитируется в [Wallace, 2006]; [Lewis, 1994], цитируется в [Friedrich, 2014], см. также [Saunders, 2005, 2010]) утверждает, что если я знаю, что объективная вероятность события E есть p (то есть $OP(E) = p$), то я рационально вынужден принять, что степень моей субъективной уверенности (то есть субъективная вероятность (credence)), что E , есть p . И наоборот, если некоторая величина удовлетворяет этому условию, то она является объективной вероятностью. («Don't call any alleged feature of reality 'chance' unless you've already shown that you have something, knowledge of which could constrain rational credence» (не называй некоторую приписываемую реальности черту 'шансом', пока не покажал,

что ты имеешь дело с чем-то, знание чего может повлиять на степень рациональной уверенности. – *Перевод мой – И.П.*)» ([Lewis, 1994, p. 484]; цитируется в [Friedrich, 2014]).

В классическом случае с подбрасываемой монетой вероятности выпадения орла и решки одинаковы. Это – следствие наличия очевидной симметрии. Симметрия, однако, нарушается в результате каждого конкретного испытания, поскольку выпадает либо орел, либо решка, но не то и другое одновременно. Напротив, в квантовой механике, если принять интерпретацию Эверетта (в понимании Валласа), исходная симметрия волновой функции всегда сохраняется, так как любой возможный исход квантового измерения действительно реализуется на той или иной ветви ветвящегося мира. Именно исходя из наличия этой симметрии Валлас приходит к выводу, что приписываемые ветвям веса играют функциональную роль объективной вероятности (см. также [Saunders, 2005, 2010].)

Если T – некоторая теория, а B – (допустимая) бэкграундная информация, то некоторая величина C есть объективная вероятность тогда и только тогда, когда для любого события E , если T вместе с B влечет, что $C(E) = p$, то степень рациональной уверенности, что E при условии $B \& T$ равна p , то есть $Cr(E|B \& T) = p$ [Wallace, 2006].

Сравним это функциональное определение вероятности с определением вероятности в терминах двойного отрицания в п. 6. Событию E приписывается вероятность p не потому, что величина $p = C(E)$ дается теорией T , а потому, что вследствие наличия определенных симметрий (роль «симметрий» играет теория T и бэкграундная информация B , позволяющие определить величину $C(E) = p$), нет оснований полагать, что значение вероятности будет отлично от p .

8. Вывод Дойча-Валласа аксиомы вероятности

Дойч предлагает вывод аналога правила Борна из детерминистской части квантовой механики и некоторых невероятных аксиом классической теории принятия решений. Соответственно, он полагает, что квантовая механика не нуждается в аксиоме вероятности [Deutsch, 1999]: «My objective is to prove something that is conventionally taken as axiomatic (the probabilistic axiom of quantum theory) from other things that are conventionally taken as axiomatic *but do not refer to probability*, namely quantum theory and decision theory, both stripped of their probabilistic axi-

отм” (моей целью является доказать нечто, что считается аксиомой (вероятностную аксиому квантовой теории), исходя из других вещей, которые считаются аксиомами, но *не употребляют понятие вероятности*, а именно, квантовой теории и теории принятия решений, лишенных своих вероятностных аксиом. – *Перевод мой – И.П.*)».

Аксиомы теории принятия решений, к которым апеллирует Дойч, суть *аддитивность*, *замещаемость* и правило *нуль-суммы*. Аксиома аддитивности утверждает, что агенту безразлично, получит ли он два отдельных вознаграждения x_1 и x_2 или же одно вознаграждение $x_1 + x_2$, то есть

$$V(x_1 + x_2) = V(x_1) + V(x_2), \quad (\text{A})$$

где V – ценность «игры» (ценность игры V определяется той максимальной суммой, которую рациональный игрок готов заплатить, чтобы в нее сыграть). Аксиома замещаемости утверждает, что ценность составной игры V не меняется, если любая из ее под-игр заменяется равноценной игрой. Правило нуль-суммы говорит, что если игра с вознаграждением x имеет ценность V , то идентичная игра с вознаграждением $-x$ имеет ценность $-V$, то есть

$$V(-x) = -V(x). \quad (\text{B})$$

Пусть квантовая система находится в состоянии $|\Psi\rangle$. Возьмем наблюдаемую \hat{X} , имеющую невырожденные собственные состояния $|x_i\rangle$, где x_i – соответствующие собственные значения. Волновая функция $|\Psi\rangle$ может быть разложена по базису функций $|x_i\rangle$.

Предположим, что вознаграждение x_i , которое агент получает при измерении \hat{X} , совпадает с измеряемым значением наблюдаемой \hat{X} . Аналог правила Борна, вывод которого предлагает Дойч, утверждает, что ценность V , приписываемая рациональному агенту вышеуказанной игры, дается следующим выражением: $V(|\Psi\rangle) = \sum_i |\langle x_i | \Psi \rangle|^2 x_i$. Другими сло-

вами, агент ведет себя в точности также, как если бы он рассчитывал среднее значение измеряемой наблюдаемой на множестве всех исходов, вероятности которых подчиняются правилу Борна.

Исходный пункт вывода Дойча следующий: в случае, если квантовая теория предсказывает, что измерение будет иметь конкретный ре-

зультат x_i с вероятностью 1, то есть в случае, если $|\Psi\rangle = |x_i\rangle$, агент, принимающий решение и не знающий смысла слова «вероятность», предскажет из детерминистской части квантовой теории, что исход «будет» x_i . То есть в том случае, если $|\Psi\rangle$ есть собственное состояние наблюдаемой \hat{X} , то не требуется никакого вероятностного допущения для того, чтобы предсказать исход измерения \hat{X} : он должен быть x_i . Следовательно, $V(x_i) = x_i$.

Более сложными являются игры, в которых $|\Psi\rangle$ есть равноамплитудная суперпозиция двух собственных состояний наблюдаемой \hat{X} : $|\Psi(x)\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} (|x_1\rangle + |x_2\rangle)$. Из (А) и (В) Дойч выводит, что ценность V таких игр дается выражением $1/2(x_1 + x_2)$.

Замечание

Вывод формулы $V(\frac{1}{\sqrt{2}} (|x_1\rangle + |x_2\rangle)) = 1/2(x_1 + x_2)$:

Применяя (А) дважды, получаем

$$\begin{aligned} & V\left(\frac{1}{\sqrt{2}}(|x_1 + (-x_1 - x_2)\rangle + |x_2 + (-x_1 - x_2)\rangle)\right) = \\ & V\left(\frac{1}{\sqrt{2}}(|x_1\rangle + |x_2\rangle)\right) + (-x_1 - x_2). \end{aligned} \quad (C)$$

(То есть добавление к каждому возможному исходу одинаковой дополнительной ценности $-x_1 - x_2$ равносильно добавлению этой ценности к игре в целом.)

Левая часть (С) есть $V(\frac{1}{\sqrt{2}}(|-x_1\rangle + |-x_2\rangle))$.

Из (В) последнее выражение равно $-V(\frac{1}{\sqrt{2}}(|x_1\rangle + |x_2\rangle))$.

Отсюда и из правой части (С) следует требуемый результат.

Исходя из $V(x_i) = x_i$ и $V(\frac{1}{\sqrt{2}}(|x_1\rangle + |x_2\rangle)) = 1/2(x_1 + x_2)$ Дойч выводит значение V для общего случая: $V(|\Psi\rangle) = \sum_i |\langle x_i | \Psi \rangle|^2 x_i$ – среднее значение оператора X в состоянии $|\Psi\rangle$.

Валлас показывает, что в квантовомеханическом контексте можно воспользоваться некоторыми аксиомами теории множеств (аксиомами транзитивности, разделения и превосходства), которые значительно слабее аксиом, используемых Дойчем (подробнее см. [Wallace, 2005]). Он также признает, что аксиомы, использованные Дойчем, недостаточны для вывода правила Борна [Wallace, 2005, p. 8–9]. Нужен дополнительный принцип, который он называет *эквивалентностью*. Принцип эквивалентности утверждает, что для рационального наблюдателя ценность квантового измерения зависит только от квадрата модуля полной амплитуды (то есть суммарного веса), ассоциированной с каждым возможным исходом (вознаграждением). Как следствие, сама ветвящаяся структура измерения и, в частности, число ветвей не играют никакой роли.

Питер Льюис [Lewis, 2003, 2005] оспаривает выводы Дойча и Валласа. Он считает, что либо они имплицитно предполагают аксиому вероятности [Lewis, 2003], либо допускают контр-примеры. Имеются, в частности, следующие альтернативные меры на будущих событиях, которые совместимы с предлагаемыми выводами: *правило среднего*

$$(V[|\Psi\rangle] = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i), \text{ правило суммы } (V[|\Psi\rangle] = \sum_{i=1}^n x_i) \text{ [Lewis, 2005].}$$

Еще одна проблема, связанная с предполагаемым выводом правила Борна, состоит в том, что этот вывод, даже если он и верен, является достаточно формальным. Неясно, каким образом выводимое правило может быть понято как правило вероятности.

В своей рецензии на недавнюю книгу Валласа [Wallace, 2012], в которой последний совершенствует свой подход, Льюис [Lewis, 2013] не приводит вышеуказанные возражения. Сохраняется, однако, фундаментальное философское возражение, относящееся к трактовке волновой функции подобно полевой функции, которая буквально отражает (ветвящуюся) реальность.

9. Философия обыденного языка и ветвящаяся вселенная

Валлас противопоставляет «элитарный взгляд» философов на язык «доверительному взгляду» обыденных его пользователей. Первые полагают, что обыденные употребления языка являются неправильными почти всегда и почти обо всем. Вторые, напротив, считают, что обыденный дискурс, как правило, истинен (то есть они принимают так на-

зываемый «принцип доверия», принимаемый также, в частности, Дональдом Дэвидсоном), а ложными являются лишь некоторые специализированные области языка, мотивированные неточной метафизикой. С точки зрения «доверительного взгляда» почти всегда и почти во всем ошибаются не обыденные пользователи языка, а философы [Wallace, 2006, 3.5].

Замечание

Валлас [Wallace, 2006, 3.5, замечание 9] приводит следующий пример: «“An analogy: suppose that actually the clear transparent liquid that we drink isn't H₂O at all, it's been XYZ all along, but an International Conspiracy of Chemists has hidden this from the public. Philosophers have produced semantic theories, on the basis of this faulty information, that water is necessarily H₂O. When Woodward and Bernstein uncover the Conspiracy, how will *the Washington Post* report it: as 'water isn't H₂O' (the Charitable View) or as 'the sea doesn't contain water' (the Elite View)?” (аналогия: предположим, что чистая прозрачная жидкость, которую мы пьем, вовсе не H₂O; она всегда была XYZ, но Международная Конспирация Химиков скрывала это от публики. На основании этой ложной информации философы построили семантические теории, что вода с необходимостью есть H₂O. В случае, если Вудворд и Бернштейн раскроют Конспирацию, каким образом *the Washington Post* сообщит об этом: 'вода не H₂O' (доверительный взгляд) или же 'моря не содержат воду' (элитарная точка зрения)?” – *Перевод мой – И.П.*)».

Различие между двумя точками зрения, которое делает Валлас, соответствует виттгенштейновскому противопоставлению «обыденного» языка языку «философскому». Первый считается языком подлинным (то есть его употребления являются «естественными» и «спонтанными»), а последний – псевдо-языком, или конфузным языком.

При этом, как мне кажется, в рамках философии Виттгенштейна сам философский язык может трактоваться как язык «подлинный», а не псевдо-язык. Просто философский язык есть другой, более специализированный язык – обобщение «обыденного» (естественного и спонтанного) языка, – имеющий свою собственную «естественность» и «спонтанность». И обыденные пользователи, и философы имеют право на употребление своих собственных языков, если при этом не происходит их смешение.

Чтобы описать наше отношение к возможным исходам квантовых измерений, Валлас анализирует «обыденное» употребление выражений

«неопределенный» и «возможно P » в ветвящейся вселенной и заключает, что оно отсылает к квантовому ветвлению ([Wallace, 2006], 3.5.).

В некоторой точке ветвящейся вселенной (в которой и структура времени является ветвящейся) рациональный агент сделает утверждение «Результат измерения будет либо A либо B , но не оба вместе, и я не знаю, какой из них» тогда и только тогда, когда A будет иметь место в одних будущих ветвях, а B – в других». Согласно Валласу, это означает, что временная семантика является ветвящейся семантикой ветвящегося времени, которая лишь незначительно модифицирует льюисовский анализ возможности в терминах возможных миров. В рамках подхода Льюиса имеется лишь одна актуальная история; в рамках подхода Валласа каждая история актуальна. Согласно Валласу, проблема интерпретации вероятности и неопределенности возникает в том случае, если в ветвящейся вселенной философы прибегают к использованию семантики линейного времени [Wallace, 2005].

Отметим, что Валлас анализирует употребление «обыденного» языка агентом, который *принимает* интерпретацию ветвящейся в результате измерения вселенной (которую он, впрочем, считает не интерпретацией, а буквально понятой квантовой теорией). Употребление обыденного языка в нашем актуальном мире не требует предварительного принятия какой-либо точки зрения.

Я понимаю «ветви» ветвящегося мира/вселенной как *возможные употребления правила*, определяемого невероятной частью квантовой механики, принципами рациональности и симметрией волновой функции (как пишет Валлас, «“in a way the central core of the argument is not decision-theoretic at all. What is really going on is that the quantum state has certain symmetries and the probabilities are being constrained by those” (в известной мере сердцевина аргумента вовсе не из теории принятия решений. В действительности происходит то, что волновое состояние имеет некоторые симметрии, которые и накладывают ограничения на вероятности. – *Перевод мой – И.П.*)») [Wallace, 2010]). Эти потенциальные употребления суть «реальные» возможности вида «... может быть» (might be ...) (у Сталнакера это контр-актуальные возможные миры – «каким мир может быть» (ways a world might be) [Stalnaker, 2003]), имеющие большую или меньшую степень достоверности. Необходимости во введении ветвящейся семантики ветвящегося времени нет.

10. Прагматико-натуралистическое растворение/решение проблемы измерения

Мишель Битболь [Bitbol, 2000] предложил прагматическое, или «перформативное», витгенштейновское «растворение» проблемы измерения, которое, как ясно из уже вышесказанного, я в основном разделяю.

Вкратце, растворение упомянутой проблемы состоит в использовании физических инструментов и математических символов таким образом, что проблема измерения не возникает. При этом речь не идет о наивном уклонении от попыток *решить* проблему. Витгенштейновское растворение проблемы есть исходный пункт, но также и конечный пункт долгой серии неудачных попыток решить проблему формально и дискурсивно [Bitbol, 2000, p. 342].

Я интерпретирую «инструменты и математические символы» (на самом деле квантовую теорию как целое, за исключением аксиомы вероятности) как витгенштейновское правило/концепт. «Растворение» проблемы измерения состоит в корректном употреблении этого правила на практике. «Провал» между теорией и результатом измерения закрывается прагматически: теория имплицитна, по-крайней мере частично, в «языковой игре» любого конкретного измерения; то есть на самом деле никакого «провала» не существует (см. также [Прись, 2014a, 2014b].)

Акт измерения как «языковая игра» первичен, соответствующий «объект» вторичен. В акте измерения участвует субъект, то есть «я», которое с одной стороны ангажируется что-то выполнить, то есть ангажируется следовать правилу-теории, а с другой – ангажируется в ситуацию, то есть применяет правило-теорию. То есть квантовое наблюдение не есть наблюдение объектов, которые бы существовали до наблюдения. Онтология в смысле Куайна вторична.

Битболь отмечает, что формализм квантовой механики, рассматриваемый в изоляции от практики его применения, «неполон», и его формальное пополнение невозможно. Однако, более широкая система, включающая в себя квантовый формализм, вероятностное правило его применения и конфронтацию формализма с конкретной экспериментальной ситуацией («перформативно») полна. Проективный постулат фон Неймана может быть применен лишь *post factum*.

Замечание

Вот два примера перформативной полноты. В рамках модальной интерпретации, предложенной Ван Фраасеном, и Вимелем перформативная полнота включает в себя теоретическую, мета-теоретическую и экстра-теоретическую компоненты. Формализм интегралов Фейнмана есть путь к автоматическому гарантированию перформативной полноты квантовой механики [Bitbol, 2000, p. 337–338].

Я согласен с Битболом, что интерпретации, вводящие в рассмотрение много «миров», ошибочно подменяют условные предложения вида «если *бы* аппарат показывал *k*, то это означало *бы*, что объект, над которым было произведено измерение, находится в состоянии *k*» изъявительными предложениями вида «в мире, в котором аппарат указывает *k*, объект, над которым произведено измерение, находится в состоянии *k*».

Нормативно-прагматический подход к проблеме измерения является натуралистическим в смысле нормативного натурализма естественных (и спонтанных, то есть управляемых правилами) виттгенштейновских языковых игр. Натуралистическое решение проблемы измерения отличается от ее чисто прагматического «растворения» лишь тем, что оно рассматривает прагматизм в синтезе с натурализмом и рационализмом. Построение такого рода синтеза является, например, одной из задач Роберта Брэндома, который вдохновляется, в частности, философией позднего Виттгенштейна (Брэндом, в частности, характеризует философию позднего Виттгенштейна и раннего Хайдеггера как «нормативный прагматизм»).

Метафизическая «много-мировая» эвереттовская (по стилю) интерпретация квантовой механики может быть демистифицирована, если понимать «ветвь» ветвящегося мира/вселенной как реально возможное (то есть потенциальное, а не актуальное) применение теории как правила/концепта. Именно в этом смысле я интерпретирую по своему слова Валласа о том, что ветвящаяся вселенная Эверетта возникает из более глубокой квантовой реальности как приближенное *описание*, а эвереттовские миры – квази-классические миры (истории). Для Валласа не имеет смысла спрашивать о числе ветвей-миров, подобно тому как не имеет смысла спрашивать о числе опытов, хотя имеет смысл сказать, что ветвей (опытов) одного вида больше, чем другого (эта характеристика ветвящегося мира важна для трактовки проблемы вероятности).

Витгенштейновское растворение/решение проблемы измерения подразумевает отказ от метафизического реализма, то есть от взгляда на реальность как состоящую из хорошо и независимо от субъекта определенных объектов (подробнее см. п. 4), но не от реалистической доктрины как таковой. Контекстуалистский витгенштейновский реализм/натурализм сохраняет достоинства традиционного реализма и инструментализма и избавляется от их недостатков.

Литература

1. *Ackrill J.K.* Aristotle's Categories and De Interpretatione. – Oxford: Clarendon Press, 1963.
2. *Bacciagaluppi Guido.* The Role of Decoherence in Quantum Mechanics // In The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Summer 2012 Edition), ed. Edward N. Zalta, 2012. (<http://plato.stanford.edu/archives/sum2012/entries/qm-decoherence>)
3. *Bacciagaluppi Guido.* «Worlds Galore?» Long review of Saunders et al. (2010) // <http://philsci-archiv.pitt.edu/9801/>, 2013.
4. *Bacciagaluppi Guido.* «The Many Facets of Everett's Many Worlds». Short review of Saunders et al. (2010) // *Metascience*, published online 13 February 2013 (doi:10.1007/s11016-013-9747-9).
5. *Bacciagaluppi G.* The Everett Interpretation of Quantum Mechanics. Collected Works 1955–1980 with Commentary. Hugh Everett III, edited by Jeffrey A. Barrett & Peter Byrne. – Princeton: Princeton University Press.
6. *Bachtold M.* L'interprétation de la mécanique quantique. – Paris: Hermann, 2009.
7. *Barrau Aurélien.* Physics in the Multiverse // CERN Courier December, 2007.
8. *Barrau Aurélien.* Des univers multiples. – Paris: Dunod, 2014.
9. *Benoist J.* Qu'est ce qu'une théorie réaliste de la perception? // Доклад, сделанный на коллоквиуме по философии квантовой механики. – Париж, Эколь нормаль сюрперьер, 27 сентября 2005.
10. *Benoist J.* Concepts. – Paris: Les éditions CERF, 2010/2011.
11. *Benoist J.* Eléments de philosophie réaliste. – Paris: Vrin, 2011.
12. *Benoist J.* Making Ontology Sensitive // *Cont. Philos. Rev.* (Published online. 04 August 2012), 2012.
13. *Bitbol M.* Perspectival realism and quantum mechanics // Published in: P. Lahti & P. Mittelstaedt, Symposium on the foundations of modern physics 1990, World Scientific, 1991.
14. *Bitbol M.* Physique et philosophie de l'esprit. – Paris, Flammarion, 2000.
15. *Bitbol M.* Mécanique quantique, une introduction philosophique. – Paris, Flammarion, 1996.
16. *Bitbol M.* L'aveuglante proximité du réel, anti-réalisme et quasi-réalisme en physique, – Paris: Flammarion, 1998.
17. *Bitbol M.* La mécanique quantique comme théorie des probabilités généralisée // In: Klein, E. et Sacquin Y. (éd.), Prédiction et probabilité dans les sciences, Gif-sur-Yvette : éditions Frontières, 1998.

18. *Bitbol M.* Some Steps towards a Transcendental Deduction of Quantum Mechanics // *Philosophia Naturalis*, 1998. 35. – C. 253–280.
19. *Bitbol M.* Physique et philosophie de l'esprit. – Paris: Flammarion, 2000.
20. *Bitbol M.* Relations, synthèses, arrière-plans, sur la philosophie transcendantale et la physique moderne // *Archives de Philosophie*. – 2000. 63. – C. 595–620.
21. *Bitbol M.* Arguments transcendants en physique moderne // In: Chauvier S. et Capellures, F. (éd.), *La querelle des arguments transcendants*, *Revue philosophique de l'Université de Caen*, 2001. – C. 81–101.
22. *Bitbol M. et Laugier S.* (éd.), *Physique et réalité (un débat avec Bernard d'Espagnat)*. – Paris: Diderot, 1998.
23. *Bitbol M.* L'aveuglante proximité du réel. – Champs-Flammarion, 1998.
24. *Block N.* *Functional Reduction*. 2007.
25. *Brandom R.* *Between Saying and Doing*. OUP, 2008.
26. *Dennett D.* Are we explaining consciousness yet. // *Cognition*. – 2001. 79. – C. 221–237.
27. *Dennett D.* Real Patterns // *Journal of Philosophy*. – 1991. 87. – C. 27–51.
28. *Deutsch David* (1999). Quantum theory of probability and decisions // *Proceedings of the Royal Society of London*, 1999. A455. – C. 3129–3137. <http://www.arxiv.org/abs/quant-ph/9906015>
29. *Everett, Hugh.* *The Many Worlds Interpretation of Quantum Mechanics*. Dissertation.
30. *Everett Hugh.* «Relative State» Formulation of Quantum Mechanics // *Reviews of Modern Physics*. – 1957. 29. N 3. – C. 454–462.
31. *Fitting M. and Mendelsohn R.L.* *First-order Modal Logic*. London: Kluwer Academic Publishers, 1998.
32. *Friedrich Simon.* Re-thinking local causality // *Synthese*. – 2014. DOI 10.1007/s11229-014-0563-6.
33. *Friedrich Simon.* *Interpreting Quantum Theory*. Palgrave Macmillian, 2015.
34. *Fuchs C.A.* *Quantum Mechanics as Quantum Information* // Internet, 2002.
35. *Greaves Hilary.* Understanding Deutsch's probability in a deterministic multiverse // *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*. – 2004. 35. – C. 423–456. <http://www.arxiv.org/abs/quant-ph/0312136>, <http://philsciarchive.pitt.edu/archive/00001742>
36. *Greaves Hilary.* Probability in the Everett interpretation // *Philosophy Compass*. – 2007, 2/1. – C. 109–128.
37. *Greaves Hilary.* On the Everettian epistemic problem // *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, 2007. Available online from <http://philsciarchive.pitt.edu/archive/00002953/>
38. *Hagar Amit.* Notre dame reviv. Review of (Simon Saunders, Jonathan Barrett, Adrian Kent, David Wallace (eds.) *Simon Saunders, Jonathan Barrett, Adrian Kent, and David Wallace (eds.), Many Worlds? Everett, Quantum Theory, and Reality*, Oxford University Press, 2010,
39. *Healey Richard* *Quantum Theory: A Pragmatist Approach* // *British Journal for the Philosophy of Science*. – 2012, 63. – C. 729–771.
40. *Lewis D.* A subjectivist's guide to objective chance // In R. C. Jeffrey (Ed.), *Studies in Inductive Logic and Probability*, Volume II. Berkeley: University of California Press. Reprinted in *David Lewis, Philosophical Papers, Volume II* (Oxford University Press, Oxford, 1986), 1980.
41. *Lewis D.* *On Plurality of Worlds*. – Oxford: Blackwell, 1986
42. *Lewis David.* How many lives has Schrödinger's Cat? // *Australasian Journal of Philosophy*. – 2004. 82(1). – C. 3–22.
43. *Lewis P.* What is it Like to be Schrödinger's Cat? // *Analysis*. – 2000. 60. – C. 22–29.

44. *Lewis J. Peter*. Deutsch on quantum decision theory // PhilSci Archive. Internet, 2003.
45. *Lewis J. Peter*. Probability in Everettian quantum mechanics // PhilSci Archive. Internet, 2005, 11 <http://philsci-archive.pitt.edu/archive/00002716>
46. *Lewis Peter J.* Quantum sleeping beauty. 2006, <http://philsciarchive.pitt.edu/archive/00002715>
47. *Lewis J. Peter*. Probability in Everettian quantum mechanics // Manuscripto. – 2010. 33. – С. 285–306.
48. *Lewis Peter J.* Notre dame review of (David Wallace, *The Emergent Multiverse: Quantum Theory according to the Everett Interpretation*, Oxford University Press, 2012), 2013.
49. *Maudlin Tim*. *Quantum Non-Locality and Relativity*. – Oxford: Blackwell, 1994.
50. *Papineau David*. David Lewis and Schrödinger's Cat // Australasian Journal of Philosophy, 2004. 82(1). – С. 153–69.
51. *Parfit D.* *Reasons and Persons*. – Oxford: OUP, 1984.
52. *Price Hew*. *Expressivism, Pragmatism and Representationalism*. Cambridge: CUP, 2013.
53. *Прись И.Е.* (а) Квантовая феноменология Хайдеггера // NB: Философские исследования. – 2014. – № 4. – С. 46–67. DOI: 10.7256/2306-0174.2014.4.11625. URL: http://e-notabene.ru/fr/article_11625.html
54. *Прись И.Е.* (б) Философия физики Вернера Гейзенберга и его понятие замкнутой теории в свете позднего Витгенштайна // Философская мысль. – 2014. – № 8. – С. 25–71. DOI: 10.7256/2306-0174.2014.8.12782. URL: http://e-notabene.ru/fr/article_12782.html
55. *Saunders S.* A dissolution of the problem of locality // Proceedings of the Philosophy of Science Association, 1997. 2. – С. 88–98.
56. *Saunders Simon*. What is probability? // in *Quo Vadis Quantum Mechanics?* A. Elitzur, S. Dolev, and N. Kolenda, eds., Springer-Verlag, Berlin, 2005.
57. *Saunders Simon*. Chance in the Everett Interpretation, in *Many Worlds? Everett, Quantum Theory, and Reality*, S. Saunders, J. Barrett, A. Kent, and D. Wallace (eds.), Oxford (2010).
58. *Stalnaker Robert C.* *Ways a World Might Be*. – Oxford: OUP, 2003.
59. *Vaidman Lev*. REVIEW: David Wallace, *The Emergent Multiverse: Quantum Theory according to the Everett Interpretation*. [Preprint], 2014.
60. *Wallace D.* Three kinds of branching universe, 2005. Wallace's Homepage.
61. *Wallace D.* Language use in a branching universe // Forthcoming; Available online from <http://philsci-archive.pitt.edu>, 2005.
62. *Wallace D.* Quantum Probability from Subjective Likelihood: improving on Deutsch's proof of the probability // *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, 2005. <http://arxiv.org/abs/quant-ph/0312157> or from <http://philsci-archive.pitt.edu>
63. *Wallace D.* Epistemology Quantized: circumstances in which we should come to believe in the Everett interpretation // *British Journal for the Philosophy of Science*. – 2006. 57. – С. 655–689.
64. *Wallace D.* *The Quantum Measurement Problem: State of Play*, 2007. Wallace's Homepage.
65. *Wallace D.* *Decoherence and Ontology (or: How I learned to stop worrying and love FAPP)*, 2009.
66. *Wallace D.* A formal proof of the Born rule from decision-theoretic assumptions [aka: How to Prove the Born Rule] In *Simon Saunders, Jon Barrett, Adrian Kent & David Wallace (eds.), Many Worlds? Everett, Quantum Theory, and Reality*. Oxford University Press, 2010.

67. *Wallace D.* The Emergent Multiverse: Quantum Theory according to the Everett Interpretation, Oxford University Press, 2012.
68. *Meacham Christopher J.C.* Representation theorems and the foundations of decision theory. Australasian Journal of Philosophy. 1994.
69. *Lewis D.* How many Lives has Schrödinger's Cat? // The Jack Smart Lecture, Canberra, 27 June 2001.
70. *Horwich P.* Wittgenstein's Metaphilosophy. – Clarendon Press, 2012.
71. *Brandom R.* Making It Explicit: Reasoning, Representing, and Discursive Commitment. – Harvard UP, 1994.
72. *Brandom R.* Categories and Noumena: Two Kantian Axes of Sellars's Thought // Homepage, 2013.
73. *Williams M.* Normative Naturalism // International Journal of Philosophical Studies. – 2011. 18(3). – С. 335–375.

Дата поступления 08.04.2015