



Проблемы логики и методологии науки

УДК: 165.0, 111.0

DOI: 10.15372/PS20220305

И.Е. Прись

О КВАНТОВОЙ ВЕРОЯТНОСТИ*

Понятие вероятности в квантовой механике мы предлагаем интерпретировать как очевидностную вероятность в смысле Т. Уильямсона и называем такую вероятность квантовой очевидностной вероятностью. Очевидностная вероятность Уильямсона, на наш взгляд, естественным образом вписывается в витгенштейновский контекстуальный реализм Ж. Бенуа, отвергающий предпосылки философии модерна и позволяющий избавиться от квантовых парадоксов.

Ключевые слова: квантовая механика; объективная вероятность; субъективная вероятность; эпистемическая вероятность; онтическая вероятность; очевидностная вероятность; контекстуальный реализм

I.E. Pris

ON QUANTUM PROBABILITY

We propose to interpret the notion of probability in quantum mechanics as Timothy Williamson's evidential probability and call such probability quantum evidential probability. Williamson's evidential probability, in our view, naturally fits into Jocelyn Benoist's Wittgensteinian contextual realism rejecting the premises of the Modern philosophy and allowing dissolving of quantum paradoxes.

Keywords: quantum mechanics, objective probability, subjective probability, epistemic probability, ontic probability, evidential probability, contextual realism

* Работа частично поддержана Белорусским республиканским фондом фундаментальных исследований (грант: Г22МС-001).

Введение: интерпретации понятия вероятности и квантовой механики

Существуют различные интерпретации понятия вероятности и, соответственно, квантовой механики, в которой это понятие играет принципиальную роль, так как благодаря правилу Борна позволяет связать теорию и эмпирические данные. В Стэнфордской энциклопедии приводится следующая классификация вероятностей: классическая, логическая/очевидностная (evidential), субъективная, частотная, пропенсивная, наилучшая система (best-system interpretations). С некоторой натяжкой можно говорить о семейном сходстве различных концепций вероятности, которые дополняют друг друга. Эти вероятности распределяются по трем классам: эпистемологические, степени уверенности и физические вероятности [19]. А. Хайек [19] упоминает и очевидностную вероятность Т. Уильямсона [29], о которой речь пойдет ниже. Пять типов вероятности выделяет также М. Галавотти [18]. Д. Меллор выделяет три типа вероятности: физическую (шанс), эпистемическую и субъективную [24]. Субъективные вероятности противопоставляются объективным, а эпистемические – онтическим.

Вкратце напомним, что классическая вероятность определяется как отношение числа благоприятствующих исходов к общему числу равновероятных исходов. Частотная (или физическая) вероятность некоторого события определяется относительной частотой его появления в опыте/эксперименте при условии, что число идентичных и независимых друг от друга опытов/экспериментов стремится к бесконечности. Пропенсивная вероятность (К. Поппер) генерируется физической системой или экспериментальными условиями (В. Гейзенберг говорит о «тенденциях» и ссылается на «потенции» Аристотеля). Логическая вероятность – это субъективная вероятность, устанавливаемая идеальным рациональным агентом/субъектом, обладающим всей полнотой информации. Субъективная вероятность (не обязательно логическая) – степень рациональной уверенности субъекта/агента в том или ином исходе. В частности, радикально субъективистская вероятность Б. де Финетти определяется ставками агента в игре, при которых невозможен гарантированный проигрыш, что предполагает удовлетворение стандартных аксиом теории вероятности.

Л. Маршильдон устанавливает следующие соответствия: копенгагенской интерпретации соответствует пропенсивная вероятность, теории де Бройля – Бома отвечает логическая вероятность, многомировой интерпретации – логическая вероятность, теории коллапса – пропенсивная вероятность, эпистемической интерпретации Р. Пайерлса – логическая вероятность, кьюбизму (QBism) – субъективная вероятность [23].

Все интерпретации вероятности и квантовой механики сталкиваются со своими проблемами [27]. На наш взгляд, это во многом обусловлено тем, что почти все они основываются на тех или иных предпосылках философии модерна. К таковым, в частности, относятся принятие понятий «внешнего» и «внутреннего» миров, интернализм, субъективизм и эпистемический реализм, не делающий различия между истинным и реальным. Как пишет Э. Джейнс, «где-то в (квантовой теории. – И. П.) различие между реальностью и нашим знанием о реальности было потеряно, и результат имеет характер скорее средневековой некромантии, чем науки» (цит. по: [8]). В этом смысле нам кажется предпочтительнее очевидная вероятность Уильямсона, которая как бы прокладывает срединный путь между объективной и субъективной вероятностями. Эпистемология сначала-знания (ЭСЗ) Уильямсона и, в частности, его понятие очевидностной вероятности, совместимы с контекстуальным реализмом (к-реализм) позднего Л. Витгенштейна и современного французского философа Ж. Бенуа [10; 29]. ЭСЗ принимает в качестве базового концепта концепт знания, а к-реализм – концепт реальности, и в частности утверждает чувствительность онтологии к контексту [1–4].

Квантовая корреляция и вероятности

Покажем, каким образом можно ввести различные понятия, вероятности на примере квантовой корреляции.

Предположим, что в результате взаимодействия двух электронов, A и B , их спиновые волновые функции оказались спутанными друг с другом следующим образом: $(1/\sqrt{2})$ (проекция спина электрона A на ось z равна $+1/2$) \otimes (проекция спина электрона B на ось z равна $-1/2$) – $(1/\sqrt{2})$ (проекция спина электрона A на ось z равна $-1/2$) \otimes (проекция спина электрона B на ось z равна $+1/2$).

Далее, предположим, что Алиса измеряет проекцию спина электрона A на ось z . Несмотря на полноту квантовой механики (мы принимаем это предположение), результат ее измерения не предопределен, ее предсказания вероятностны. Вероятность получить значение $+\frac{1}{2}$ (или $-\frac{1}{2}$) равна $\frac{1}{2}$. Это онтическая вероятность, т.е. вероятность, обусловленная не состоянием знания (незнанием) Алисы, а самой природой квантовой системы.

Предположим теперь, что вслед за Алисой измерение проекции спина на ось z осуществляет Боб, причем два события разделены пространственно-подобным интервалом. Согласно квантовой механике, в этом случае результат измерения предопределен. Боб получит результат $-\frac{1}{2}$. Но сам Боб об этом не знает. Поэтому для него вероятность получить результат $+\frac{1}{2}$ (или $-\frac{1}{2}$) равна $\frac{1}{2}$. Это эпистемическая вероятность. Она обусловлена незнанием Боба. Но при ее вычислении Боб поступает так, как если бы эта вероятность была онтической. Отметим, что Боб не приобрел никакой новой очевидности, ни с точки зрения очевидностной вероятности Уильямсона (так как он не приобрел никакого нового знания), о которой мы будем говорить ниже, ни с точки зрения субъективной байесовской вероятности. Эпистемическую вероятность Боба можно назвать объективной эпистемической вероятностью.

Если бы Алиса не произвела свое измерение, вероятность Боба получить при измерении проекции спина значение $+\frac{1}{2}$ (или $-\frac{1}{2}$) была бы той же самой: $\frac{1}{2}$. Но в данном случае это была бы онтическая вероятность. Таким образом, в результате измерения, которое осуществляет Алиса, вероятность события, оцениваемого Бобом, мгновенно превращается из онтической в эпистемическую, независимо от того, как далеко Боб находится от Алисы. Правда, сам Боб может узнать об этом только в том случае, если он получит от Алисы сообщение, которое не может передаваться быстрее, чем распространяется свет. И в том случае, если Боб знает, что Алиса произвела измерение спина электрона A , и, следовательно, знает, что вероятность, которой он оперирует, чисто эпистемическая, результат его оценки вероятности события будет $\frac{1}{2}$, так как новое знание/очевидность не влияет на эту оценку.

Предположим теперь, что Боб оценивает вероятность получить при измерении проекции спина в направлении оси u , которая образует угол α с осью z , значение $-\frac{1}{2}$. Известно, что волновая функция (проекция спина электрона B на ось z равна $-\frac{1}{2}$) может быть пред-

ставлена следующим образом: $\sin(\alpha/2)$ (проекция спина электрона B на ось u равна $1/2$) + $\cos(\alpha/2)$ (проекция спина электрона B на ось u равна $-1/2$). Это означает, что Боб, если он знает, что проекция спина электрона B на ось z равна $-1/2$, оценит вероятности получить при измерении проекции спина электрона B на ось z те или иные значения следующим образом: $\sin(\alpha/2)^2$ – вероятность получить значение $+1/2$, $\cos(\alpha/2)^2$ – вероятность получить значение $-1/2$. Это опять же онтические вероятности.

Вернемся теперь к ситуации, когда Боб знает, что Алиса произвела измерение, но не знает, каков его результат. В этом случае, как уже было сказано выше, у него будут эпистемические вероятности получить при измерении проекции спина на ось z значения $+1/2$ или $-1/2$. Вероятность же получить при измерении проекции спина на ось u значения $+1/2$ или $-1/2$ будет, очевидно, вычисляться так: $1/2 \sin(\alpha/2)^2 + 1/2 \cos(\alpha/2)^2 = 1/2$. Это смешанная эпистемико-онтическая вероятность. Но она в точности такая же, как и онтическая вероятность, о которой мы говорили чуть выше.

Если бы Алиса не произвела никакого измерения, вероятности Боба были бы в точности те же самые, но онтические. Это значит, что измерение Алисы не оказывает на ситуацию Боба никакого влияния, которое он мог бы заметить. В частности, без дополнительной информации от Алисы он не может знать, какая у него вероятность: онтическая, эпистемическая или смешанная. То есть Боб не будет знать, о чем его вероятность: о состоянии его знания или же о квантовой системе. Таким образом, квантовая корреляция не позволяет мгновенно передавать информацию.

Все же возникновение у Боба после измерения, сделанного Алисой, предопределенности (оцениваемая им вероятность перестает характеризовать квантовую систему, а начинает характеризовать знание о ней: она преобразуется из онтической в эпистемическую), о которой он поначалу не знает, означает, что сама ситуация меняется. Эта предопределенность Бобом познаваема (она не задается «скрытыми» параметрами), но не мгновенно.

Квантовые корреляции и контекстуальный реализм

Рассмотренный пример мы трактуем как проявление того, что контекстуальность является фундаментальным эпистемологическим и онтологическим свойством реальности, как это утверждает

к-реализм Бенуа [2; 3; 10]. Уточним, что мы имеем в виду в данном случае.

Поначалу, т.е. до какого-либо измерения, квантовое состояние системы, состоящей из двух электронов, A и B , в известном смысле остается не(до)определенным (или слабоопределенным): оно определяется (описывается, «представляется»), но не в смысле репрезентационализма модерна, т.е. не как состояние автономной системы «внешнего мира») запутанной волновой функцией, от которой его как определенное состояние, т.е. как состояние, имеющее идентичность, нельзя (не имеет смысла) отделить. Это означает, что состояние идентифицируется в контексте употребления волновой функции и, соответственно, квантовой теории. Поскольку изначально два электрона взаимодействовали между собой и, соответственно, их волновые функции оказываются спутанными, так что, строго говоря, следует вести речь не о двух системах, а об одной (ситуация холлизма), наблюдаемые при измерениях, производимых Алисой и Бобом, корреляции являются причинными. Но это квантовая причинность. Если бы причинность была классической, все события (корреляции) были бы predetermined, а вероятности были бы эпистемическими. В случае квантовой причинности та или иная конкретная корреляция, возникающая при измерении, автоматически определяет соответствующий контекст (и сама определяется в этом контексте) и соответствующую («редуцированную») волновую функцию; это корреляция (квантовое состояние системы) в контексте. В контексте квантовая корреляция представляет собой обычную классическую причинную корреляцию. Она (ее реальность) предшествует ее идентификации, но – и это тавтология – не как корреляция, уже идентифицированная, или имеющая идентичность, а просто как элемент реальности, на который невозможно указать до его идентификации. Никакого другого объяснения квантовая корреляция не имеет. Иными словами, с точки зрения к-реализма само ее наличие возводится в принцип – принцип контекстуальности.

Таким образом, контекстуальность в философском (а не техническом) смысле мы понимаем как отсутствие (бессмысленность говорить о...) predeterminedности, предданности, совместимое с реализмом, утверждающим, что концепт реальности первичен (на эпистемологическом уровне – концепт знания первичен) и что реальность такова, какова она есть, не зависит от нашего сознания, языка, наших мыслей, теорий, концептуальных схем. В копенгаген-

ской интерпретации утверждалось отсутствие предопределенности, но, как нам представляется, не делалось различия между предопределенностью и «предсуществованием» [15]. Такой эпистемический реализм модерна, не делающий различия между истиной (знанием) и реальностью, – на самом деле разновидность идеализма.

В частности, нет смысла говорить об определенной квантовой корреляции до ее эффективной идентификации в контексте, хотя то, что идентифицируется, предшествовало своей идентификации. В результате измерения Алисы имеет место переход в контекст измерения конкретного значения проекции спина. В этом контексте ее значение таково, каковым оно измеряется. Спин и его проекция таковы, каковы они есть, как до измерения, так и после. В частности, измерение – не взаимодействие с измерительным прибором, предполагающее неконтролируемое влияние, а именно идентификация. Так мы склонны интерпретировать следующие слова Н. Бора: «Нет речи о том, чтобы в течение последнего критического этапа процесса измерения изучаемая система подвергалась какому-либо механическому возмущению. Но и на этом этапе речь идет о возмущении в смысле *влияния на самые условия*, определяющие возможные типы предсказаний будущего поведения системы» [5, с. 454]. Эти «условия» и есть то, что мы называем контекстом. Бор также пишет: «Наблюдатель, конечно, не может повлиять на события, которые могут произойти при тех условиях, которые он создал» [12, р. 51]. Отметим, что поначалу Бор говорил о неконтролируемом воздействии агента (прибора) на наблюдаемый квантовый объект. На изменение его позиции повлияла известная работа А. Эйнштейна, Б. Подольского и Н. Розена (1935 г.).

В то же время до измерения нет смысла говорить о его определенном значении, так как оно зависит от контекста, который неотделим от самого измерения. После измерения, произведенного Алисой, локальный «мир», состоящий из двух связанных между собой электронов, оказывается более (или по-другому) определенным, чем ранее, так как в нем происходит идентификация некоторого среза реальности. Как следствие, Боб, производящий измерение после Алисы, уже располагает в этом более (или по-другому) определенном мире, независимо от того, знает ли он об этом (сообщила ли ему Алиса об этом) или нет. То есть он уже располагает в том же самом контексте, в котором располагается Алиса после своего измерения.

Можно рассуждать так. До того как Алиса производит измерение, она может сделать ставку в 0,5 доллара против 1 доллара, что Боб в результате своего измерения получит то или иное конкретное значение проекции спина. После того как она производит измерение, она знает, каков будет результат измерения Боба, независимо от того, как далеко он от нее находится. Теперь она может сделать ставку в 1 доллар или 0 долларов (в зависимости от того, на какой результат Боба делается ставка). Все выглядит так, как если бы реальность, с которой имеет дело Боб, мгновенно изменилась, как если бы измерение Алисы оказало мгновенное воздействие на расстоянии. В многомировой интерпретации постулируется, что в результате измерения Алисы мир вместе с Алисой расщепляется и реализуются все возможные результаты измерения. То есть в тот момент, когда Алиса производит измерение проекции спина на ось z , мир расщепляется на два мира, в одном из которых Алиса наблюдает, что проекция спина на ось z равна $+1/2$, а в другом двойник Алисы наблюдает, что она равна $-1/2$. Проблема измерения, состоящая в том, что квантовая теория не предсказывает, каков будет конкретный результат произведенного измерения, проблема кажущегося действия на расстоянии (нелокальность) и другие парадоксы квантовой механики исчезают [28].

С нашей точки зрения, это лишь образное представление того, что происходит на самом деле. Мир один, но в результате производимого Алисой измерения он становится более определенным и в этом (и только этом) смысле меняется. Он меняется как мир – концептуализированная часть реальности. Сама же реальность не меняется, остается такой, какой она была до измерения. Вместо того чтобы постулировать расщепление на множество миров, мы утверждаем чувствительность онтологии к контексту [2; 26] (см. также первоначальную версию нашей витгенштейновской демистификации метафизической многомировой интерпретации [1]).

Объективные эпистемические и онтические субъективные вероятности

Выше на примере квантовой корреляции мы ввели понятия эпистемической и онтической вероятностей. Эпистемические вероятности возникают вследствие несовпадения полного возможного

знания и действительного знания, характеризуют наше (не)знание действительного состояния дел, относятся к неизвестным фактам в действительном мире. Онтические вероятности – это теоретические вероятности относительно альтернативных возможностей с точки зрения наших теорий; они не редуцируются даже при максимально полном знании. Эпистемическими являются, например, вероятности, с которыми имеют дело при подбрасывании монеты или в классической статистической физике. Знание начального состояния монеты (положения и скорости) или газа (положения и скорости всех его молекул) и точное применение к нему законов механики практически неосуществимы, но предполагаются осуществимыми в принципе, теоретически (лапласовский детерминизм). Строго говоря, такой случай отличается от случая, когда предполагается, что точные значения параметров системы определены, но их невозможно установить даже в принципе, т.е. параметры являются «скрытыми», как это имеет место в интерпретации квантовой механики Д. Бома. Несмотря на это различие, вероятности, с которыми имеет дело механика Бома, тоже считают эпистемическими.

В нашем примере с квантовой корреляцией онтическая вероятность превращается в эпистемическую, не меняя своего численного значения. Г. Баччагалуппи (G. Vassigaluppi) показывает, что такую эпистемическую вероятность можно трактовать как объективную эпистемическую вероятность, поскольку она подчиняется правильно понятому «главному принципу» (Principal principle, PP) Д. Льюиса, устанавливающему связь между субъективной и объективной вероятностями [7]. Принцип можно сформулировать так: «Если все, что вы знаете о том, произойдет ли событие A , – объективная вероятность x , вы должны установить вашу степень уверенности в A как x » [21]. Эту формулировку можно рассматривать и как определение объективной вероятности. Таким образом, эпистемическая вероятность может быть объективной, но, по определению, она не может быть онтической. Это значит, что понятия объективной и онтической вероятностей не совпадают. Не совпадают также понятия субъективной и эпистемической вероятностей, так как первая по определению не может быть объективной. (Указанные различия зачастую не принимаются во внимание.) «Объективная» и «субъективная» – характеристики природы вероятности. Субъективная вероятность, как уже было сказано выше, – степень уверенности субъекта в исходе некоторого события, тогда как объективная вероят-

ность характеризует внутренний индетерминизм события (например, радиоактивного распада атома).

Баччиагалуппи также считает, что существуют онтические субъективные вероятности, причем как в классическом, так и в квантовом случае [7]. Хотя вероятности, с которыми мы имеем дело при подбрасывании монеты или в статистической физике, эпистемические, их можно также трактовать как онтические субъективные, так как они укоренены в реальных свойствах физических систем. Установление субъективной вероятности $\frac{1}{2}$, что выпадет орел (или решка), опирается на тот факт, что плотность монеты – постоянная величина. Подобным же образом можно интерпретировать квантовую вероятность как субъективную онтическую вероятность. Она основывается на рассмотрении реальной квантовой системы, описываемой волновой функцией. Такая вероятность является субъективной по своей природе, но в то же время онтической, т.е. характеризует состояние реальной физической системы. Согласно Баччиагалуппи, онтические вероятности можно также интерпретировать как материальные. Последние, в отличие от теоретических онтических вероятностей, характеризуют фактическое положение дел в действительном мире. В любом случае онтические вероятности можно интерпретировать как субъективные онтические вероятности [7].

Интуиция Баччиагалуппи нам представляется верной, хотя и выраженной на языке философии модерна, предполагающей понятие внешнего мира, интернализм и субъективизм. Мы предлагаем трактовать квантовую вероятность не как онтическую субъективную вероятность, а как очевидностную вероятность в смысле Т. Уильямсона, которая не является ни объективной, ни субъективной вероятностью, ни онтической, ни эпистемической в том ограниченном смысле, в котором это понятие было определено выше. Очевидностная вероятность Уильямсона является эпистемической в том смысле, что она определяется в терминах знания, зависит от наблюдателя (его знания/очевидности) – эпистемической перспективы. В этом ее отличие от понятия эпистемической вероятности в смысле вероятности классической статистической механики или интерпретации квантовой механики Боба со скрытыми параметрами, в котором акцент делается не на имеющемся знании, а на незнании некоторого состояния дел [29, ch. 10]. Ранее оригинальный «срединный» подход к квантовой вероятности был предложен французским феноменологом М. Мерло-Понти [25].

Мерло-Понти о квантовых вероятностях

О вероятности в квантовой механике Мерло-Понти пишет: вероятность «не относится лишь к нашему незнанию. В (квантовом. – *И.П.*) индетерминизме мы имеем дело с чистой вероятностью. ...Вероятность здесь входит в текстуру реальности» [25, р. 127]. М. Битболь отмечает, что выражение «вероятность входит в текстуру реальности» не следует трактовать в пользу «объективных вероятностей», подобных пропенсивной вероятности Поппера или потенциальностям Гейзенберга; Мерло-Понти указывает на особый статус волновой функции, позволяющей рассчитывать вероятности.

С позиции зрения нашего к-реализма волновая функция и, соответственно, квантовая вероятность, высчитываемая из нее, зависят от точки зрения наблюдателя, «укоренены» в («текстуре») реальности, контекстуальны. При фиксированном контексте, однако, вероятность объективна. Фактически Мерло-Понти отвергает понятие объективной вероятности как абсолютизированного (предопределенного) свойства реальности. Пропенсивная вероятность Поппера и вероятность Гейзенберга (потенциальности) относятся к внешнему объективному миру. Это абсолютизированные (деконтекстуализированные) объективные вероятности.

В то же время Мерло-Понти не выходит полностью за рамки феноменологического подхода. С его позицией солидаризируется Битболь. В отличие от нас, он не считает, что волновая функция описывает реальное квантовое состояние. Для Битболя и Мерло-Понти, характеризующего свою позицию как «реализм участия», она скорее описывает составную сущность, образованную из неразделимых системы, измерительного аппарата и наблюдателя. Битболь пишет: «Как следствие, квантовые вероятности не раскрывают онтологическую неопределенность известных объектов; они скорее выражают неделимость между актом познания и тем, что должно быть познано». Битболь сожалеет, что «все же измерения все еще интерпретируются так, как если бы они были измерениями чего-то, как если бы они были измерениями, которые дают нам информацию о свойствах чего-то. Это противоречие (*tension*) между неделимостью и проектом деления – то, что порождает проблему измерения, но также и то, что имеет потенциал растворить ее» [11, р. 240].

С точки зрения нашего к-реализма в позиции Битболя смешиваются категории идеального и реального. Теория, измерительный

аппарат и наблюдатель, применяющий теорию для познания реальности, для идентификации ее элементов, играют логическую роль, и этом смысле они относятся к категории идеального, тогда как волновая функция описывает реальную квантовую систему. Также контекст по определению не может стать объектом описания волновой функции. Для нас квантовые измерения – не измерения чего-то предопределенного (в этом мы согласны с Битболом), но в то же время они суть измерения чего-то, что существовало (было реальным) до измерения и существует (остается реальным) после измерения, которое на него не оказывает влияния.

Позицию Битболя и Мерло-Понти мы характеризуем как трансцендентальный корреляционизм. В то же время критика объективизма и принятие во внимание первичного опыта – шаги в правильном направлении. В философии квантовой механики «реализм участия» приобрел радикально субъективистскую форму в кьюбизме [17].

Субъективная вероятность в кьюбизме

Кьюбизм К. Фукса, Д. Мермина и Р. Шэка интерпретирует квантовую вероятность как субъективную байесовскую вероятность [13; 16; 17; 20]. Точнее говоря, это разновидность радикально субъективного понятия вероятности, введенного Б. де Финетти [14]. Для итальянского математика «вероятности не существуют». То есть не существуют объективные вероятности. Субъективные вероятности для де Финетти определяются тем, какие ставки готов сделать субъект. В частности, вероятность 1 – (максимальная) степень субъективной уверенности. В то же время кьюбизм, во всяком случае на некоторых этапах своего развития (так как позиция эволюционировала), не отказывается от понятия физической системы во внешнем мире. Предполагается, таким образом, дихотомия субъективного (внутреннего) и объективного (внешнего) миров. Для кьюбиста субъективные квантовые вероятности также и не онтические, так как волновая функция в кьюбизме не представляет собой квантовую систему, не описывает квантовое состояние как реальное состояние, а просто кодирует субъективные вероятности квантовых событий как степени рациональной уверенности субъекта/агента в их наступлении, в тех или иных результатах исходов квантовых опытов/экспериментов. Таким образом, она тоже имеет субъективную

природу. (Даже гамильтониан и другие операторы физических величин квантовой системы в кьюбизме трактуются как имеющие субъективную природу.)

Согласно традиционной точке зрения, квантовые вероятности являют собой парадигму объективных вероятностей. Поэтому субъективная интерпретация квантовой вероятности – революционный шаг. Эта интерпретация содержит верные интуиции (точка зрения первого лица, роль непосредственного опыта, нормативный характер квантовой теории, и в частности правила Борна, и др.). В то же время, на наш взгляд, кьюбизм – антиреалистическая позиция. Кьюбизм пытается преодолеть рамки модерна, во многом оставаясь в самих этих рамках. Его, однако, можно превратить в реалистическую позицию, если трактовать кьюбистский опыт не как субъективный опыт, а как первичный (неконцептуализированный) опыт, между которым и реальностью нет никакой дистанции [4].

Вместо субъективной вероятности мы предлагаем обратиться к очевидностной вероятности Уильямсона, т.е. вероятности, условной на очевидности как знании. Знание фактивно. Волновые функции дают очевидность/знание о реальных состояниях квантовой системы. В отличие от сторонника кьюбизма, мы считаем, что волновая функция локально (в контексте) представляет собой квантовую систему, но не как предопределенный объект «внешнего мира».

Реалистическую позицию относительно квантовых состояний занимает и Баччагалуппи. Он считает, что кьюбизм вместе с водой выплеснул ребенка. Для Баччагалуппи вероятности, в том числе в кьюбизме, многомировой интерпретации, теории коллапса и интерпретации де Бройля – Бома, могут трактоваться как субъективные онтические вероятности. В частности, можно непротиворечивым образом трактовать волновую функцию онтически (реалистически) как представляющую собой квантовую систему и одновременно квантовые вероятности как субъективные вероятности в смысле Б. де Финетти [6; 7].

Баччагалуппи пишет: «...Квантовая механика является именно такой теоретической моделью для выбора наших субъективных вероятностей, причем очень удачной. Аналогию с вероятностными моделями бросания костей можно распространить довольно далеко: в отличие от Фукса, который отождествляет квантовые состояния с каталогами субъективных вероятностей, я считаю, что субъективист может воспринимать само квантовое состояние как непробабил-

листскую, онтическую характеристику мира и использовать ее (как и распределение веса) в качестве основы для выбора наших субъективных вероятностей. Кьюбисту вроде Фукса нет необходимости отвергать предполагаемую онтичность квантовых состояний, именно потому, что это само по себе не делает наши вероятностные задания объективными. ...Эта общая перспектива может быть применена ко всем основным подходам в квантовой механике, в которых квантовое состояние принимается как онтическое...» [7, р. 64–65].

Таким образом, субъективная онтическая вероятность – не эпистемическая (поскольку онтическая) и не объективная (поскольку субъективная). В этом ее сходство с вероятностью Мерло-Понти и очевидностной вероятностью Уильямсона (см. выше). Две последние к тому же не субъективные и не онтические. Субъективный подход к вероятности, даже в онтической модификации Баччага-луппи, нам представляется ограниченным. Подход Мерло-Понти, как было показано Ж. Бенуа, содержит остатки трансцендентализма [9, р.13, 217–219]. Напротив, Уильямсон – реалист. Очевидностная вероятность апеллирует к полному знанию как (полной) очевидности в контексте. Речь идет о знании мира.

Очевидностная вероятность Уильямсона

Т. Уильямсон вводит понятие очевидностной вероятности (evidential probability), которая представляет собой разновидность объективной байесовской вероятности, в рамках своей неоперационной эпистемологии сначала-знания. Это вероятность, условная на очевидности, понятой как полное знание в контексте (Уильямсон обосновывает следующую эквивалентность: очевидность = знание). Как правило, очевидность в этом смысле не является операционной, т.е. не существует правил, которые бы гарантировали, что принимаемое нами за очевидность (знание) действительно есть очевидность (знание). Для Уильямсона всякая очевидность (знание) пропозициональна. Таким образом, очевидностная вероятность гипотезы h – вероятность истинности предложения h на полной очевидности e (полном содержании знания) – дается следующей условной вероятностью: $P(h|e) = P(h \wedge e)/P(e) = P(e|h)P(h)/P(e)$ (формула Байеса). Здесь $P(h)$ – априорная вероятность гипотезы h ; $P(h|e)$ – апостериорная вероятность гипотезы h . Предполагается, что P удовлетворяет аксиомам вероятностного исчисления [29, р. 211]. Уильямсон также

предполагает, что исходное распределение вероятности P «измеряет нечто вроде внутренней правдоподобности гипотез, предшествующей исследованию» [29, p. 211; 19].)

Уильямсон пишет: «Рассматривая научную гипотезу h , мы можем осмысленно спросить: насколько вероятна гипотеза h при имеющейся очевидности? Мы спрашиваем, в какой мере очевидность говорит в пользу гипотезы или против нее. Мы не спрашиваем, какова объективная физическая вероятность или частота истинности h . Предлагаемый закон природы может быть весьма маловероятным при имеющейся очевидности, даже если объективная вероятность его истинности равна 1. Это вполне согласуется с тем очевидным моментом, что очевидность, относящаяся к h , может включать очевидность относительно объективных шансов или частот. В равной степени, спрашивая, насколько вероятна h при настоящей очевидности, мы не спрашиваем об актуальной степени чьей-либо веры кого-либо в h . Может существовать убедительная очевидность против h , даже если все иррационально уверены в h » [29, p. 209].

Убеждение, что p , имеет степени обоснованности. Чем выше очевидностная вероятность, что p , тем более полным является обоснование убеждения, что p [29, ch. 10]. Если субъект знает, что p , то очевидностная вероятность, что p , равна 1, поскольку она условна на самой себе. Также имеет смысл говорить об очевидности для очевидности. Следствием «условия несветимости» является то, что можно знать, что p , даже если очевидностная вероятность, что знаешь, что p , сколь угодно близка к 0. То есть истинное убеждение, что мы знаем что-то, может иметь сколь угодно низкую степень обоснованности. Очевидностная вероятность не является ни объективной, ни субъективной. В частности, она не логическая, и, в частности, она не может быть определена синтаксически [19].

Вероятность «наилучшей системы»

В последнее время получило распространение понятие вероятности «наилучшей системы» (best-system analysis), предложенное Льюисом. Согласно Льюису, в наилучшей дедуктивной системе «соблюден баланс между простотой и силой, насколько позволяет истина. ...Закономерность является законом, если она является теоремой наилучшей системы» [22, p. 478]. Льюис расширяет свой подход на случай вероятностных законов: «Рассмотрим дедуктив-

ные системы, относящиеся не только к тому, что происходит в истории, но и к тому, каковы шансы различных исходов в различных ситуациях, например вероятности распада атомов различных изотопов. Потребуем, чтобы эти системы были истинными в том, что они говорят об истории. ...Как и прежде, некоторые системы будут проще других. Почти так же, как и раньше, одни будут сильнее других: одни будут говорить либо о том, что произойдет, либо о том, каковы шансы при возникновении ситуаций определенного рода, тогда как другие будут молчать и о результатах, и о шансах. Кроме того, некоторые из них будут лучше соответствовать реальному ходу истории, чем другие. ...Между достоинствами простоты, силы и соответствия устанавливается баланс. Лучшая система – это система, которая достигает наилучшего баланса всех трех достоинств. Как и раньше, законы – это те закономерности, которые являются теоремами наилучшей системы. Но теперь некоторые из законов носят вероятностный характер. Так что теперь мы можем анализировать случайности: случайности – это то, о чем говорят вероятностные законы наилучшей системы» [22, р. 480]. Вероятность в смысле Льюиса – объективная вероятность.

С точки зрения радикального субъективиста, бессмысленно говорить о (не)правильности вероятностных суждений или о необходимой связи между причинами и следствиями. Как пишет Баччиагалуппи, «в общем и целом, через процесс, похожий на привыкание (байесовское обусловливание!), мы формируем идею о вероятностных связях, которая затем формирует основу наших дальнейших рассуждений о фактах. Нет никакой гарантии, что наши ожидания сбудутся, но эти формы рассуждений хорошо нам служат» [7, р. 46]. Для субъективиста, или прагматика, теоретические модели науки, включая квантовую механику, оцениваются «с точки зрения стандартных критериев науки, прежде всего эмпирического критерия прошлой эффективности, а также других критериев, таких как простота, ожидание плодотворности и т.д. В этом плане не существует ни объективных шансов в смысле строгой льюисовской рациональности, ни объективных законов, ни объективной модальности в антиюмовском или даже неюмовском смысле, а только в смысле прагматической рациональности науки» [7, р. 46].

Действительно, подход Льюиса – чисто рационалистический. Кроме того, понятия простоты, силы и баланса не являются точными. Но субъективистский подход тоже представляется неудовлетво-

рительным. Сохранить достоинства объективной и субъективной вероятностей и устранить их недостатки позволяет, на наш взгляд, очевидностная вероятность Уильямсона. При этом вместо «наилучшей дедуктивной системы» Льюиса мы предлагаем обратиться к автономной грамматике витгенштейновской формы жизни (тогда «теоремы», или законы, превращаются в грамматические (петлевые) предложения – наиболее общие в-правила), а вместо субъективистского прагматизма и эмпиризма – к нормативному и натуралистическому прагматизму и к-реализму позднего Витгенштейна. Хайек считает, что различные концепты вероятности – эпистемологической вероятности, вероятности как степени уверенности и физической вероятности – сходятся, но не говорит, к какому концепту [19]. Вопрос о том, сходятся ли они к очевидностной вероятности Уильямсона и в какой мере, требует дальнейшего изучения.

Заключение

Мы предложили интерпретировать понятие вероятности в квантовой механике как очевидностную вероятность в смысле Т. Уильямсона и назвали такую вероятность квантовой очевидностной вероятностью. Очевидностная вероятность Уильямсона, на наш взгляд, естественным образом вписывается в витгенштейновский контекстуальный реализм, отказывающийся от предпосылок философии модерна и позволяющий избавиться от квантовых парадоксов.

Литература

1. Прись И.Е. Витгенштейновская демистификация эвереттовской интерпретации квантовой механики // Философия науки. 2016. № 1 (68). С. 54–85.
2. Прись И.Е. Контекстуальность онтологии и современная физика. СПб.: Алетея, 2020. 346 с.
3. Прись И.Е. Знание в контексте. СПб.: Алетея, 2022. 720 с.
4. Прись И.Е. Об интерпретации квантовой механики // Философия науки. 2022. № 2 (93). С. 75–94.
5. Фок В.А., Эйнштейн А., Подольский Б., Розен Н., Бор Н. Можно ли считать, что квантово-механическое описание физической реальности является полным? // Успехи физических наук. 1936. Т. XVI, вып. 4. С. 436–457.
6. *Bacciagaluppi G.A.* Critic looks at QBism // *New Directions in the Philosophy of Science* / Ed. by M.C. Galavotti, S. Hartmann, M. Weber, W. Gonzalez, D. Dieks, T. Uebel. Springer, 2014. P. 403–415.

7. *Bacciagaluppi G.A.* Unscrambling Subjective and Epistemic Probabilities // *Quantum, Probability, Logic: The Work and Influence of Itamar Pitowsky* / Ed by. M. Hemmo, O. Shenker. Springer, 2020. P. 49–87.
8. *Ball P.* Beyond Weird: Why Everything You Thought You Knew About Quantum Physics is Different. London: The Bodley Head, 2018.
9. *Benoist J.* Le bruit du sensible. Cerf, 2013.
10. *Benoist J.* Toward a contextual realism. Harvard University Press, 2021.
11. *Bitbol M.* A phenomenological ontology for physics: Merleau-Ponty and QBism // *Phenomenological Approaches to Physics* / Ed. by H. Wiltzsche and P. Berghofer. Springer, 2020. P. 227–242.
12. *Bohr N.* Essays 1932–1957 on Atomic Physics and Human Knowledge (The Philosophical Writings of Niels Bohr, Vol. II). Woodbridge: Ox Bow Press, 1987.
13. *Crease R. P., Sares J.* Interview with physicist Christopher Fuchs // *Continental Philosophy Review*. 2021. Vol. 54 (4). P. 541–561
14. *De Finetti B.* Theory of Probability. N.Y.: Wiley, 1970.
15. *Faye J.* Copenhagen interpretation of quantum mechanics. URL: <https://plato.stanford.edu/entries/qm-copenhagen/> (дата обращения: 17.07.22).
16. *Fuchs C.A.* Notwithstanding Bohr, the Reasons for QBism // *Mind and Matter*. 2018. Vol. 15 (2). P. 245–300.
17. *Fuchs C.A.* On Participatory Realism // *Information and Interaction. The Frontiers Collection* / Ed. by I. Durham, D. Rickles. Cham: Springer, 2017. P. 113–134.
18. *Galavotti M.C.* Philosophical Introduction to Probability. Stanford: CSLI Publications, 2005.
19. *Hajek A.* Interpretations of Probability. URL: <https://plato.stanford.edu/entries/probability-interpret/> (дата обращения: 17.07.22).
20. *Healey R.* Quantum-Bayesian and Pragmatist Views of Quantum Theory. URL: <https://plato.stanford.edu/entries/quantum-bayesian/> (дата обращения: 17.07.22).
21. *Hoefer C.* The Third Way on Objective Probability: A Skeptic's Guide to Objective Chance // *Mind*. 2007. Vol. 116 (2). P. 549–596.
22. *Lewis D.* Humean Supervenience Debugged // *Mind*. 1994. No. 103. P. 473–490
23. *Marchildon L.* On the relation between quantum theory and probability. URL: [arXiv:2108.08848v1](https://arxiv.org/abs/2108.08848v1) (дата обращения: 17.07.22).
24. *Mellor D.H.* Probability: A Philosophical Introduction. Routledge, 2005.
25. *Merleau-Ponty M.* La nature: Notes. Cours du collège de France. Paris: Editions du Seuil, 1995.
26. *Pris I.* The real meaning of quantum mechanics // *Educational Philosophy and Theory*. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00131857.2022.2080054> (дата обращения: 07.08.22).
27. *The Oxford Handbook of the History of Quantum Interpretations* / Ed. by O Freire Jr. et al. Oxford University Press, 2022.
28. *Vaidman L.* Why the Many-Worlds Interpretation? URL: <https://www.preprints.org/manuscript/202208.0052/v1> (дата обращения: 05.08.22).
29. *Williamson T.* Knowledge and its limits. Oxford University Press, 2000.

References

1. *Pris, I.E.* (2016). Wittgensteinian demystification of an Everettian interpretation of quantum mechanics. *Filosofiya nauki [Philosophy of Science]*, 1 (68), 54–85.
2. *Pris, I.E.* (2022). Znanie v kontekste [Knowledge in Context]. St. Petersburg, Aletheia Publ., 720.
3. *Pris, I.E.* (2020). Kontekstualnost ontologii i sovremennaya fizika [Contextuality of Ontology and Contemporary Physics]. St. Petersburg, Aletheia Publ., 346.
4. *Pris, I.E.* (2022). Ob interpretatsii kvantovoy mekhaniki [On the interpretation of quantum mechanics]. *Filosofiya nauki [Philosophy of Science]*, 2 (93), 75–94.
5. *Fock, V.A., A. Einstein, B. Podolsky, N. Rosen & N. Bohr.* (1936). Mozhno li shchitat, chto kvantovo-mekhanicheskoe opisaniye fizicheskoy realnosti yavlyaetsya polnym? [Can quantum-mechanical description of physical reality be considered complete?]. *Uspekhi fizicheskikh nauk [Advances of Physical Sciences]*, Vol. XVI, Iss. 4, 436–457. (In Russ.).
6. *Bacciagaluppi, G.A.* (2014). Critic looks at QBism. In: Galavotti, M.C., S. Hartmann, M. Weber, W. Gonzalez, D. Dieks, & T. Uebel (Eds.). *New Directions in the Philosophy of Science*. Springer, 403–415.
7. *Bacciagaluppi, G.A.* (2020). Unscrambling subjective and epistemic probabilities. In: Hemmo, M. & O. Shenker (Eds.). *Quantum, Probability, Logic: The Work and Influence of Itamar Pitowsky*. Springer, 49–87.
8. *Ball, P.* (2018). *Beyond Weird: Why Everything You Thought You Knew About Quantum Physics is Different*. London, The Bodley Head.
9. *Benoist, J.* (2013). *Le bruit du sensible*. Cerf.
10. *Benoist, J.* (2021). *Toward a Contextual Realism*. Harvard University Press.
11. *Bitbol, M.* (2020). A phenomenological ontology for physics: Merleau-Ponty and QBism. In: Wiltsche, H. & P. Berghofer (Eds.). *Phenomenological Approaches to Physics*. Springer, 227–242.
12. *Bohr, N.* (1987). *Essays 1932–1957 on Atomic Physics and Human Knowledge (The Philosophical Writings of Niels Bohr, Vol. II)*. Woodbridge, Ox Bow Press.
13. *Crease, R.P. & J. Sares.* (2021). Interview with physicist Christopher Fuchs. *Continental Philosophy Review*, 54 (4), 541–561.
14. *De Finetti, B.* (1970). *Theory of Probability*. New York, Wiley.
15. *Faye, J.* (2019). *Copenhagen Interpretation of Quantum Mechanics*. Available at: <https://plato.stanford.edu/entries/qm-copenhagen/> (date of access: 17.07.2022).
16. *Fuchs, C.A.* (2018). Notwithstanding Bohr, the reasons for QBism. *Mind and Matter*, 15 (2), 245–300.
17. *Fuchs, C.A.* (2017). On participatory realism. In: Durham, I.T. & D. Rickles (Eds.). *Information and Interaction: Eddington, Wheeler, and the Limits of Knowledge (The Frontiers Collection)*. Cham, Springer, 113–134.
18. *Galavotti, M.C.* (2005). *Philosophical Introduction to Probability*. Stanford, CSLI Publications.
19. *Hajek, A.* (2019). *Interpretations of Probability*. Available at: <https://plato.stanford.edu/entries/probability-interpret/> (date of access: 17.07.2022).
20. *Healey, R.* (2022). *Quantum-Bayesian and Pragmatist Views of Quantum Theory*. Available at: <https://plato.stanford.edu/entries/quantum-bayesian/> (date of access: 17.07.2022).

21. *Hofer, C.* (2007). The third way on objective probability: A skeptic's guide to objective chance. *Mind*, 116 (2), 549–596.
22. *Lewis, D.* (1994). Humean supervenience debugged. *Mind*, 103, 473–490.
23. *Marchildon, L.* (2021). On the Relation Between Quantum Theory and Probability. *Quantum Physics*. 19 Aug 2021. Available at: arXiv:2108.08848v1 (date of access: 17.07.2022).
24. *Mellor, D.H.* (2005). *Probability: A Philosophical Introduction*. Routledge.
25. *Merleau-Ponty, M.* (1995). *La nature: Notes*. Cours du Collège de France. Paris, Seuil.
26. *Pris, I.* (2022). The real meaning of quantum mechanics. *Educational Philosophy and Theory*. Available at: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00131857.2022.2080054> (date of access: 07.08.2022).
27. *Freire Jr., O. et al.* (Eds.). (2022). *The Oxford Handbook of the History of Quantum Interpretations*. Oxford University Press.
28. *Vaidman, L.* (2022). Why the Many-Worlds Interpretation? Available at: <https://www.preprints.org/manuscript/202208.0052/v1> (date of access: 05.08.22).
29. *Williamson, T.* (2000). *Knowledge and Its Limits*. 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

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

ORCID ID: 0000-0003-1721-6388

Дата поступления 14.08.2022