

НЕЛИНЕЙНЫЕ СЕМАНТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ КВАНТОВОМЕХАНИЧЕСКОЙ КОНЦЕПЦИИ «СООТНЕСЕННЫХ СОСТОЯНИЙ» Х. ЭВЕРЕТТА И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭВЕРЕТТИКИ

Ю.А. Лебедев

Рассмотрено смысловое содержание основных понятий эвереттики – памяти волновой функции и соотнесенного состояния. Показано, что эвереттовская память может трактоваться как модуляция несущей волны Де Бройля волновой функции Ψ . Указана связь эвереттической и фрактальной («голографической») интерпретаций квантовой механики. Установлено, что понятие эвереттических склеек как проявления эффектов информационной нелинейности при взаимодействии квантовых объектов латентно присутствует в тексте основополагающей статьи Х. Эверетта. Обсуждаются физические аспекты смысла информации. Дана оценка количества склеек в зависимости от количества собственных состояний Наблюдателя и Объекта. Предложены схемы экспериментов по доказательству наличия параметров памяти у Ψ -функции и оценке вероятностей конкретных склеек в соотнесенных состояниях. Обозначены пути развития эвереттики при переходе к описанию сильно взаимодействующих систем и показано, что перспективным полем экспериментальных исследований проявления многомирия является химия.

Выдвинутая в 1957 году Х. Эвереттом концепция соотнесенных состояний [1], приведшая к возникновению эвереттики как новой междисциплинарной области духовной деятельности [2], основывалась на анализе процесса измерения в квантовой механике¹.

Во введении Эверетт отмечал, что с целью построения непротиворечивой квантовой механики изолированных систем «необходимо сформулировать абстрактные модели наблюдателей, которые сами по себе, в пределах теории,

Copyright © 2007 Ю.А. Лебедев.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва.
E-mail: petroff@mail.ru

¹Однако к настоящему времени она вышла далеко за пределы этой сравнительно узкой теоретической области. Один из ведущих современных физиков А.Д. Линде отмечает: «Я полагаю, что теория Эверетта – одна из лучших интеллектуально честных попыток интерпретации квантовой механики» [19].

могут трактоваться как физические системы, рассмотреть изолированные системы, содержащие таких модельных наблюдателей во взаимодействии с другими подсистемами, выявить изменения, которые происходят в наблюдателе вследствие взаимодействия с ближайшими подсистемами, и интерпретировать изменения на знакомом языке опыта» [3].

Одним из важнейших, революционизирующих физику понятий, вводимых Эвереттом, является *память как параметр волновой функции*. Вот как определяет это понятие сам Эверетт: «Когда мы имеем дело с системой, в которой наблюдатель представлен квантовомеханически, мы приписываем ему функцию состояния ψ^0 . Когда состояние ψ^0 описывает наблюдателя, память которого содержит представления событий A, B, \dots, C , мы обозначаем этот факт, вводя последовательность памяти как дополнение в скобках, и записываем:

$$\psi^0_{[A,B,\dots,C]}. \quad (1)$$

Поэтому символы A, B, \dots, C , которые мы временно принимаем, символизируют конфигурацию памяти, находящуюся в соответствии с прошлым опытом наблюдателя. Эти конфигурации могут рассматриваться как отверстия в бумажной ленте, след в магнитной катушке, конфигурации переключающих реле, и даже как конфигурации ячеек мозга. Мы только требуем, чтобы они были способны к интерпретации: «наблюдатель испытал последовательность событий». (Мы иногда пишем точки в последовательности памяти, указывая возможное присутствие предыдущих воспоминаний, которые являются несоответствующими рассматриваемому случаю.)» [3].

Введение параметра памяти в основополагающую характеристику состояния любой физической системы с неизбежностью приводит к тому, что процессы взаимодействия систем становятся принципиально нелинейными и необратимыми [4]. Иными словами, наличие памяти у волновой функции объясняет возникновение «стрелы времени» в мультиверсе, ибо последняя является однозначным следствием возрастания объема памяти при *любых взаимодействиях*.

Более того, появление памяти среди параметров самой фундаментальной физической функции революционным образом меняет мировоззренческую картину – физика выходит из состояния вегетарианской абстрактности, где в «объективной пространственно-временной среде» взаимодействуют безликие массы и заряды, и переходит в категорию конкретно-исторических дисциплин. *У каждого электрона, фотона, нейтрино появляется собственная история*, и потому картина мироздания необозримо усложняется и «одухотворяется». Вполне вероятно, что при этом должен произойти качественный скачок – для сохранения целостности и принципиальной обзримости мировоззренческой картины должны появиться новые фундаментальные понятия на качественно новом уровне.

С учетом этого понятно, почему из объяснений Эверетта неясно, какие физические сущности являются носителями памяти на уровне квантовых объектов и как формально-математически фиксируется этот параметр в уравнении для ψ , поскольку объяснения относятся лишь к описанию *проявлений* этого квантового свойства на макроуровне.

Принципиально важным является и то, что параметры памяти в эвереттовской трактовке явно *не зависят от времени*. Это значит, что параметры относятся к «мгновенному состоянию», а их возможное изменение связано с процессами последующих взаимодействий. Отсюда же следует и то, что память «абсолютна» – ничто и никогда не «забывается». «Рукописи не горят» – этот булгаковский образ можно считать художественным предвидением квантовомеханических идей Х. Эверетта. Другое дело – *вскрытие и использование* содержащейся в памяти информации. Очевидно, что вопрос о физическом смысле существования эвереттовской памяти должен быть отделен от вопроса о механизме ее «считывания» (это явно «последующий процесс») и дальнейшего проявления в процессах последующих взаимодействий.

Дискретность и независимость параметров памяти от «ньютоновского времени» свидетельствуют в пользу реляционной природы физического времени, хотя явно не исключают и его субстанциональную трактовку. Ясно, что данная тема требует отдельной подробной проработки.

Для прояснения физического смысла «временно принятых» Эвереттом символов $\dots A, B, \dots, C$ необходимо вспомнить, что ψ описывается волновым уравнением. Но только для гармонической волны для ее описания нужны всего три параметра – частота, амплитуда и фаза (или некоторый другой набор параметров, однозначно связанный с этими тремя). Более сложные формы колебаний требуют введения дополнительных параметров, индивидуализирующих данный колебательный процесс.

В практике исследований электромагнитных волн, например, эти параметры выявляются формализмом «динамики диссипативных систем (фрактальность, дробные операторы, негауссова статистика, распределения с тяжелыми хвостами, режим детерминированного хаоса, существование странных аттракторов в фазовом пространстве отраженных сигналов, их топология и т.д.)» [5].

Физический смысл порождающих волновую функцию процессов является предметом дискуссии и проясняется в аксиоматических интерпретациях. Последней по времени и наиболее общей по охвату поля физических идей является интерпретация струнных теорий [6]. В этих теориях точечным физическим объектам приписывается «линейная протяженность», частицы представляются проявлениями «струн» и введенные квантовой механикой «волновые» или «колебательные» их свойства получают образно-логическое обоснование. Однако математические свойства этих объектов пока не получили общепринятого описания, и в данной работе в дальнейшем в качестве «нулевого приближения» принимается интерпретация Де Бройля, согласно которой всякий квантовый объект («частица») представляет собой систему, состоящую из «собственно частицы» и неразрывно с ней связанной стационарной «волны Де Бройля» [7]. Такая система является строго изолированной, поскольку стационарность волны Де Бройля порождается именно тем, что она по определению является «вселенской сущностью». Эта интерпретация, как представляется, весьма точно соответствует и духу концепции Эверетта, в которой изолированность системы является основополагающим условием.

Концепция Де Бройля в настоящее время считается несколько архаической

и «перегруженной наглядностью», что затрудняет ее логический анализ из-за возникающих «классических ассоциаций», не имеющих смысла в квантовом мире.

Оставляя в стороне вопрос о плодотворности различных аксиоматических систем и об источниках предпочтения тех или иных моделей квантовой реальности, надеюсь, что искренние и искрененные в современной физике «предпочитатели вектора состояний» легко переведут мои высказывания о волнах Де Бройля и волновых функциях на этот, более близкий им язык.

В физических экспериментах до сих пор были обнаружены только явления дифракции и интерференции волн Де Бройля, в которых проявляется их частотная характеристика.

Волна Де Бройля для данной квантовой системы является простейшим выражением ее волновой функции и содержит информацию только об импульсе этой системы. Ни структурной, ни историко-событийной информации о системе волна Де Бройля не имеет.

В то же время простейший расчет показывает, что частоты Де Бройлевских волн для «рядовых» макрообъектов настолько велики, что кажутся явно «избыточными» для фиксации столь ограниченной информации. Так, для тела массой порядка килограмма частота волны Де Бройля составляет около 10^{47} Гц, для типичной «средней» звезды типа Солнца – 10^{77} Гц, а для «типичной» галактики типа туманности Андромеды – 10^{88} Гц. Для нашего универса в целом эта частота может быть оценена как 10^{99} – 10^{100} Гц! (Любопытно отметить, что верхний предел – гугол – получается при оценке общей массы «видимой части» материи универса 10^{52} кГ [8] и учете того, что около 90% его массы – это темная энергия и темное вещество).

В связи с этим можно предположить, что сама по себе волна Де Бройля является только «физическим инструментом» для записи (фиксирования) всего богатства информации о данной квантовой системе. Такой инструмент является очень удобным «носителем памяти», а эвереттовские параметры памяти являются параметрами модуляции волновой функции, возникающей на основе волны Де Бройля.

Передача информации всегда сопровождается передачей энергии, что, вследствие однозначной связи массы и энергии, неизбежно должно приводить к формированию новых волн Де Бройля, накладывающихся на основную «волну-носитель»².

²С поразительной точностью и в блестящей художественной форме эту идею ещё в 1975 г. представил С. Лем в своем рассказе «Профессор Доньда». Вот краткая суть идеи Лема в переводе В. Язневича: «Информация имеет массу. Любая. Безразлично какая. Смысл не имеет ни малейшего значения. Атомы также одинаковы, что в камне, что в моей голове. Информация весит, но ее масса неслышанно мала. Знания всей энциклопедии весят около миллиграмма... Вес информации не был бы чем-нибудь необычным, если бы не последствия... Существует критическая масса информации, так же, как существует критическая масса урана. Мы приближаемся к ней. Не конкретно мы здесь, а вся Земля. Приближается к ней каждая цивилизация, создающая компьютеры. Развитие кибернетики – это западня, расставленная Природой для Разума... Учитывается сосредоточенность, а не количество информации. Так же, как и с ураном. Аналогия неслучайна! Рассредоточенный в земле и скалах уран не опасен. Условием

В этом случае индексы эвереттовской памяти ... A, B, \dots, C есть не что иное, как фиксация наличия у результирующей волны Де Бройля специфических колебательных мод ... A, B, \dots, C .

Специфичность этих мод проявляется в том, что при их сложении результирующая волна сохраняет свою «несущую частоту», обеспечивающую воспроизводимость общей картины явлений интерференции и дифракции, т.е. при этом сохраняется «общий тон» волны, однако форма этой волны перестает быть гармонической, и в течение каждого периода воспроизводится колебание определенной сложной формы, проявления которого можно уподобить проявлению такого качества акустической волны, как тембр.

До последнего времени такая трактовка наталкивалась на сложность сохранения неизменности формы результирующей волны вследствие дисперсии скоростей отдельных мод. Не пытаясь детализировать общую картину распространения волн Де Бройля, можно отметить, что недавнее открытие темной энергии и темного вещества позволяет надеяться, что в их свойствах будет обнаружено некое качество, которое позволяет им играть роль своеобразных «дирижеров», синхронизирующих распространение отдельных мод волн Де Бройля. Эти надежды основаны на том, что дисперсия – это проявление свойств среды, и, пока свойства «темной среды» совершенно неизвестны, дозволительно считать, что они соответствуют сделанным предположениям.

Неизбежно возникающие при такой трактовке музыкальные аналогии, вероятно, не являются случайными и свидетельствуют о том, что античные философские традиции, и пифагорейство в первую очередь, далеко не исчерпали своих креативных потенциалов, а их прозорливость ещё не осознана в должной мере.

Предложенный механизм формирования памяти у квантовых объектов позволяет обосновать и такое качество окружающего нас мира, которое Д. Бом обозначил как «голографичность» [9] – наличие у любого обладающего массой фрагмента универса информации обо всем универсе в целом.

В другой терминологической базе это качество может трактоваться как фрактальность, что позволяет использовать при его анализе уже имеющийся математический аппарат, например [10]. Разработка применения математической теории фракталов применительно к рассматриваемым вопросам является актуальной задачей.

В рамках предложенного механизма возникновения эвереттовской памяти такое свойство легко объясняется тем, что при разделении любого массивного объекта каждый его фрагмент «уносит» практически всю информацию, имеющуюся в исходном объекте (теле). Такое объяснение основано на том, что «Де Бройлевская информация» не локализована в исходном теле и «записана на общей массе» с колоссальным избытком информационной емкости ее носите-

взрыва является отделение от примесей и концентрация. Так и здесь. Информация в книгах или в головах может быть значительной, но остается пассивной. Так же, как и рассеянные частицы урана. Нужно ее объединить! ... Выше критической точки начнется цепная реакция. *Obiit animus, natus est atomus!* (Исчезла душа, родился атом! <лат.>) – В.Я.) Информация исчезает, потому что превращается в материю...» [20].

ля – массы.

Разумеется, в связи с тем, что масса каждого фрагмента все-таки меньше массы исходного объекта, частота Де Бройлевской «волны-носителя» у него будет меньше и какие-то тонкие элементы структуры результирующей волны (а следовательно, и какая-то отраженная в них информация) неизбежно утрачиваются. Однако, учитывая колоссальную частотную избыточность для тел с макромассами, такие утраты не должны серьезно обеднять «базу данных» о породившем их объекте у любого макрофрагмента.

С математической точки зрения это свойство физических тел можно считать отражением фрактальной структуры материального мира, т.е. информационного подобия всякой его части целому.

Наличие «тембровых мод» у волн Де Бройля может быть проверено экспериментально при соответствующей организации экспериментов по дифракции квантовых объектов. Для этого можно предложить, например, такую принципиальную схему эксперимента (рис.1).

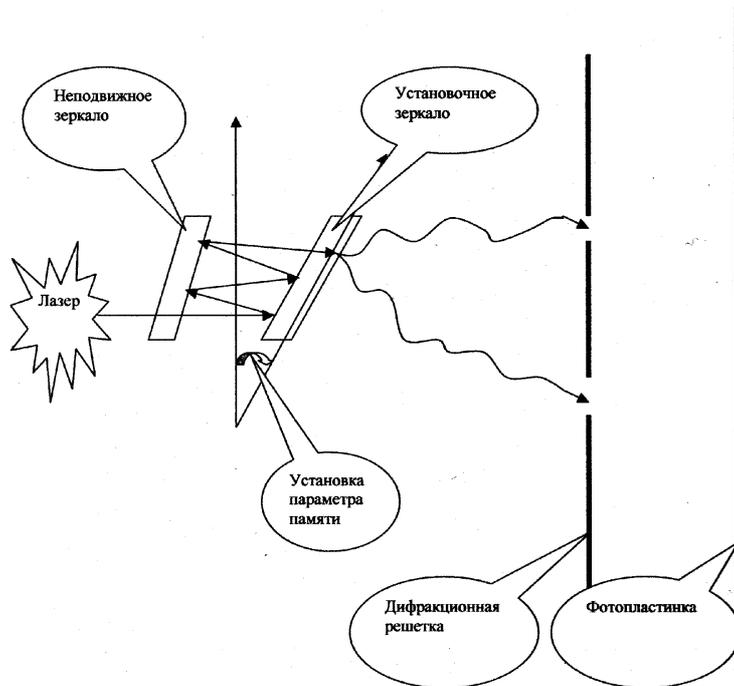


Рис. 1. Схема опыта по регистрации «тембровых мод» волны Де Бройля. Путем поворота установочного зеркала можно задать число внутренних отражений фотона N_E в системе зеркал, которое и будет характеристикой его эвереттовской памяти. Исследуется вид интерференционной картины на фотопластинке в зависимости от значения N_E

Монохроматическое излучение лазера (поток квантов с гармонической формой волны Де Бройля) проходит через отверстие в неподвижном зеркале и падает на установочное зеркало, угол наклона которого можно задавать так, что число внутренних отражений каждого фотона перед тем, как он покинет систему зеркал через отверстие в установочном зеркале, будет являться определенным числом N_E . Это число – по сути экспериментальная «метка» – должно

являться параметром памяти каждого фотона и определяет форму его Де Бройлевской волны, формируя соответствующую тембровую моду. Далее падающий на дифракционную решетку поток фотонов дает соответствующую дифракционную картину, фиксируемую на детекторе (например, фотопластинке).

В соответствии со сделанными предположениями на «стандартную дифракционную картину» для данной длины волны лазера должна накладываться новая, обусловленная той тембровой модой (в зависимости от N_E), которая интерферирует на данной решетке.

Они могут быть разделены при достаточно большой разности частот исходного излучения и тембровой моды.

Сложность постановки такого эксперимента связана с тем, что тембровые моды при достаточно малых N_E могут оказаться волнами из совершенно другого диапазона частот – вплоть до сверхдлинных радиоволн. И для их фокусировки и фиксации необходимо использовать совершенно другие «зеркала» и детекторы. Но это же обстоятельство может быть использовано и для убедительной демонстрации эффекта именно эвереттовской памяти – возникновение когерентного радиоизлучения, синхронного с оптическим.

На этом принципе может быть построен и частотный преобразователь когерентного излучения. Однако нужно учитывать, что чем меньше N_E , тем меньше интенсивность его тембровой моды.

Повышение интенсивности тембровой моды с ростом N_E должно сопровождаться соответствующим уменьшением интенсивности исходного излучения. И в пределе вся энергия исходного излучения может быть трансформирована в энергию тембровой моды, т.е. тембровая мода станет тождественной с исходным излучением. При этом емкость эвереттовской памяти исходного излучения будет исчерпана.

Проведенный анализ предлагаемого эксперимента показывает, что емкость эвереттовской памяти любого объекта действительно ограничена, как и утверждал сам Эверетт: «В любом известном запоминающем устройстве вследствие ограниченной емкости его памяти ветвление не продолжается бесконечно, но должно остановиться в некоторой точке» [3].

Аналогично можно модифицировать и классические опыты У.Г. и У.Л. Брэггов, и Девиссона, и Джермера для рентгеновских лучей и пучков электронов соответственно.

Важно заметить, что Эверетт особо подчеркивает – наблюдатель в его понимании необязательно разумен (качественные особенности разумного наблюдателя будут рассмотрены ниже), наблюдателем может являться и просто *взаимодействующая* с выделенной подсистемой другая физическая система (в рассмотренном случае наблюдателем является фотопластинка), т.е. эффекты эвереттовской памяти могут быть обнаружены *при любом взаимодействии*. Очевидно, что характер взаимодействия подсистем в зависимости от энергии взаимодействия может быть различным. Однако в дальнейшем анализе Эверетт сосредоточился только на таких взаимодействиях, которые происходят при «хороших наблюдениях».

После введения параметра памяти в волновую функцию наблюдателя Эве-

ретт так характеризует рассматриваемые им взаимодействия: «Мы начнем с определения того, что представляет собой «хорошее» наблюдение. Хорошее наблюдение величины A , имеющей собственную функцию ϕ_i в системе S , наблюдателем, начальное состояние которого ψ^0 , состоит во взаимодействии, которое, в указанном промежутке времени, преобразует каждое (полное) состояние

$$\psi^{S+0} = \varphi_i \psi_{[...]^0}^0 \quad (2)$$

в новое состояние

$$\psi^{S+0'} = \varphi_i \psi_{[...a_i]}^0, \quad (3)$$

где a_i характеризует состояние ϕ_i . (Нужно понимать, что $\psi_{[...a_i]}^0$ – различны для каждого i состояния. Для более точной нотации следовало бы написать $\psi_i^0_{[...a_i]}$, но никакой путаницы не может возникнуть, если мы просто позволим ψ_i^0 быть внесенной в указатель только индексом символа конфигурации памяти. Символ a_i отражает, например, регистрацию собственного значения. Штриховой индекс в данном случае относится не к 0, а к символу в целом.)

Таким образом, во-первых, мы требуем, чтобы состояние системы, *если это собственное состояние*, оставалось неизменным, и, во-вторых, чтобы состояние наблюдателя изменилось так, чтобы описать наблюдателя, который «знает», из какой собственной функции оно получено; то есть в памяти наблюдателя зарегистрирована некоторая характеристика типа собственного значения, которая присуща ϕ_i .» [3].

Как видно из этой цитаты, из всех видов взаимодействия Эверетт обратил особое внимание на случай, при котором повторное измерение даст тот же самый результат. Это случай, когда наблюдаемая система находится в стационарном состоянии и динамика собственных значений измеряемой величины либо нулевая, либо циклическая с достаточно большой частотой. При этом «хорошее измерение» возможно только при таком физическом энергообмене наблюдателя с рассматриваемой системой, когда уровень этого энергообмена ниже некоторого «порогового», изменяющего значение измеряемого параметра на величину, превышающую предел чувствительности рецептора наблюдателя³. Энергообмен при таком взаимодействии обеспечивает *только* изменение параметров памяти волновых функций наблюдаемой системы и наблюдателя с созданием «отметки» о произведенном «зондировании».

Такие взаимодействия можно назвать энергоинформационными. Их энергия полностью переходит только в информационные моды Де Бройлевских волн взаимодействующих систем.

Например, таким условиям с достаточной точностью отвечает измерение скорости автомобиля с помощью радара.

Однако выполнение условий «хорошего измерения» какого-то параметра не означает, что другие параметры измеряемой системы останутся неизменными и даже того, что в результате изменения этих других параметров не изменится и измеряемый. В рассмотренном примере может оказаться, что в автомобиле

³Пользуясь уже введенными музыкальными аналогиями, можно сказать, что это взаимодействие изменяет тембр волны Де Бройля в басовой его части за пределами слышимости.

установлен «антирадар» и водитель изменит скорость машины под воздействием осознания смысла полученной от него информации.

Таким образом, к определению Эверетта следует добавить, что рассматриваемый им случай относится к системам, в которых отсутствует семантический анализ информации.

Отсюда следует, что для расширения полноты квантового описания реальности следует принять во внимание разницу понятий «информации» и её «смысла».

Для «расшифровки» информации, «овеществления» ее семантических свойств наблюдатель должен приложить *волевое усилие, основанное на желании* придать смысл информации. Это усилие «объективно фиксируется» тем, что смысл оказывается нелинейной функцией исходной информации. И проявленные таким образом её семантические свойства изменяют состояние только самого Наблюдателя, но не Объекта наблюдения.

В общем случае *состояние системы может зависеть от того, присутствует ли в ней хотя бы один элемент, способный к семантическому анализу информации*⁴.

Присутствие такого элемента – разумного наблюдателя – резко меняет физическую ситуацию. В известной статье М.Б. Менского даже утверждается, «что разделение квантового состояния на компоненты, соответствующие альтернативным результатам измерения, не только связывается с сознанием наблюдателя, но полностью отождествляется с ним» [11, с.413]. К этому можно добавить, что и сам процесс наблюдения в таком случае приобретает новое качество – поиск смысла происходящего.

Смысл *придается* информации ее респондентом и осознается *только им*. Когда 18 июля 1936 года (по свидетельству И.Г. Эренбурга) в радиоэфире прозвучала фраза «Над всей Испанией безоблачное небо» и начался мятеж военных, переросший в одну из самых знаменитых гражданских войн XX века, только *те, кто хотели этого*, поняли, что эти слова *имеют смысл* сигнала к выступлению. Осознание *смысла* информации, т.е. наполнение ее семантическим содержанием – это и есть принципиальное и решающее отличие Сознания

⁴Отсюда следует, что к даваемому Эвереттом определению «Большинство «наблюдателей», обсуждаемых в квантовой механике, относится к фотоэлементам, фотографическим пластинам, и тому подобным устройствам, чья механистическая сущность едва ли может быть оспорена» [3] нужно подходить с пониманием обстоятельств публикации. Очевидно, что Эверетт по «тактическим» диссертационным соображениям и под прямым «давлением» Де Витта, опасавшегося негативной реакции консервативного большинства своих коллег-физиков, в данном случае «осторожничает» и намеренно упрощает ситуацию. То, что это так, следует из его замечания, адресованного вдумчивому читателю: «В последующем каждый читатель, если у него нет желания рассматривать наблюдателей в более привычном смысле, может ограничиться этим классом проблем на том же самом механистическом уровне анализа» [3]. Намек более чем прозрачен: у такого – «вдумчивого» – читателя, конечно, есть желание рассмотреть «нормального» Наблюдателя, а потому он не должен «ограничиться этим классом проблем». Ту же направленность имеет и другое замечание: «В качестве модели для наблюдателей мы, *если пожелаем* (курсив Ю.Л.), можем рассматривать автоматически функционирующие машины, обладающие чувствительным датчиком, связанным с регистрирующим устройством и способные к регистрации прошлых сенсорных данных и конфигураций машины» [3].

от Разума, также обладающего способностью к волевому ветвлению мультиверса. Смысл – это «второй этаж» информации, его нелинейная характеристика, возникающая на основании осознания Наблюдателем своего «Я».

Покажем, что учет смысла информации позволяет выявить принципиально новый класс квантовых состояний.

Это – «семантически противоречивые» состояния, а потому, вероятно, они и не привлекли внимания самого Эверетта. Позже они были введены в эвереттику из соображений симметризации описания систем с эвереттическими ветвлениями и получили название «склеек» [12].

В общем случае склейки – это процессы взаимодействия ветвей мультиверса и потому должны проявляться в виде различных феноменов и ноуменов. Можно полагать, что склейки – это совокупность качественно весьма разнородных эффектов. Их выявление и классификация должны стать одной из важных эвереттических задач.

В связи с этим нужно уточнить, что рассматриваемые в данной работе склейки – это проявление эффектов информационной нелинейности при взаимодействии квантовых объектов. Формальное квантовомеханическое описание этого явления дано в [13]. Развивая полученные в [13] результаты, рассмотрим систему S , состоящую из наблюдателя $\xi_i^{S_1}$ (подсистема S_1) и наблюдаемой $\eta_j^{S_2}$ подсистемы (подсистема S_2). Ограничим состояния и S_1 и S_2 только двумя возможностями: $i = 1, 2; j = 1, 2$. Тогда, согласно принципу суперпозиции (в обозначениях, принятых Эвереттом в [3]):

$$\psi^S = \sum_{i,j} \xi_i^{S_1} \eta_j^{S_2}, \quad (4)$$

ψ^S , выраженная соотнесенными в эвереттовском смысле состояниями⁵ в S_2 для $\xi_1^{S_1}$ и $\xi_2^{S_1}$, будет соответственно равна:

$$\psi_{\xi_1}^S(S_2; rel_{\xi_1}, S_1) = N_1(a_{11}\xi_1\eta_1 + a_{12}\xi_1\eta_2) \quad (5)$$

и

$$\psi_{\xi_2}^S(S_2; rel_{\xi_2}, S_1)^S = N_2(a_{21}\xi_2\eta_1 + a_{22}\xi_2\eta_2), \quad (6)$$

где N_1 и N_2 – нормировочные множители.

Соответственно ψ^S , выраженная соотнесенными в эвереттовском смысле состояниями в S_1 для $\eta_1^{S_2}$ и $\eta_2^{S_2}$, будет равна:

$$\psi_{\eta_1}^S(S_1; rel_{\eta_1}, S_2) = N_3(a_{11}\eta_1\xi_1 + a_{21}\eta_1\xi_2) \quad (7)$$

⁵Вот что сообщил по этому поводу Л.В. Ильичев: «Собственно, сам термин «соотнесённое состояние» отражает свойства зацепленного состояния и есть просто приведение подобных членов по отношению к выбранному состоянию η_i и вынос последнего за скобки».[21] А общие свойства запутанных состояний хорошо охарактеризовал А. Аспек, автор знаменитых экспериментов по проверке неравенств Белла, на примере пары запутанных фотонов: «Запутывание (entanglement) безусловно является свойством, выходящим за рамки любого пространственно-временного описания по Эйнштейну: пары запутанных фотонов должны рассматриваться как единый глобальный объект, который нельзя рассматривать в виде составленного из разделенных в пространстве и времени отдельных объектов с хорошо определенными свойствами» [22].

и

$$\psi_{\eta_2}^S(S_1; rel_{\eta_2}, S_2) = N_4(a_{12}\eta_1\xi_1 + a_{22}\eta_2\xi_2), \quad (8)$$

где N_3 и N_4 – нормировочные множители.

Иными словами, наблюдатель, находясь в собственных состояниях ξ_1 и ξ_2 , входит в состав разных суперпозиций состояний с наблюдаемой подсистемой S_2 – (5) и (6) соответственно. Аналогично объект наблюдения – подсистема S_2 – в собственных состояниях η_1 и η_2 входит в состав разных – (7) и (8) – суперпозиций с наблюдателем.

С эвереттической точки зрения *все* слагаемые этих суперпозиций являются равно реальными и каждое – это одна из ветвей мультиверса или граней кристалла Менского [14].

Сделав такое сильное утверждение, Эверетт сосредоточился на анализе вопроса о его согласованности с предсказаниями «классической» квантовой механики. Здесь же предпринимается попытка рассмотреть семантические аспекты принципа суперпозиции и соотношенного состояния.

Рассмотрим разобранную ситуацию на конкретном примере классического двухщелевого эксперимента. В данном случае совершенно неважно, какой именно агент проявляет свои волновые свойства, – электрон, фотон или что-то иное.

Схема такого эксперимента приведена на рис. 2.

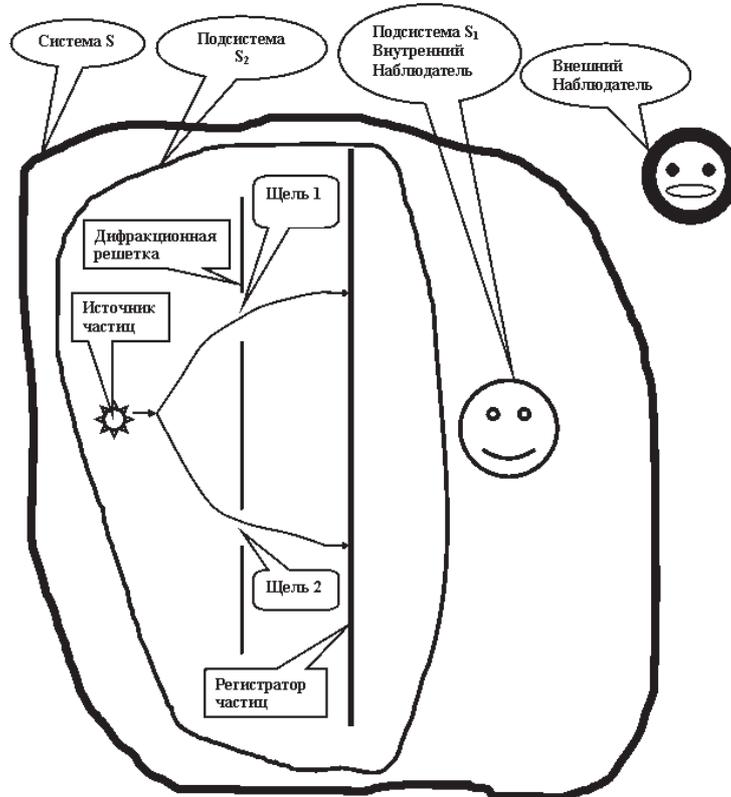


Рис. 2. Анализ двухщелевого эксперимента Внешним Наблюдателем

Система S включает в себя подсистему наблюдателя S_1 и подсистему на-

блюдаемого объекта (эксперимента) S_2 . Подсистема S_2 состоит из источника частиц, дифракционной решетки и детектора (скажем, цифровой матрицы).

Кроме того, в эксперименте должен принимать участие и Внешний Наблюдатель (его можно рассматривать как элемент метасистемы), который и будет фиксировать различные соотношенные состояния S_1 и S_2 .

Необходимость наличия такого *особого* Внешнего Наблюдателя логически неизбежна и следует из текста статьи самого Эверетта – такими наблюдателями являются и её автор, и читатели, которые рассматривают эвереттовскую «изолированную систему» извне.

Но такая возможность разрушает классическую изолированность системы S и явно противоречит намерению Эверетта построить квантовую механику истинно изолированных систем.

Содержательное и плодотворное разрешение этого парадокса может быть достигнуто в рамках самой эвереттики, о чем будет сказано ниже.

Каким же событиям в ветвях мультиверса соответствуют слагаемые суперпозиций (5) - (8)? Прежде всего отметим, что в данном случае индексы у состояний ξ_1 и ξ_2 могут быть сопоставлены индексам эвереттовской записи памяти наблюдателя [... a_i] и имеют физический смысл фиксации наблюдателем прохода частицы через щели 1 или 2 в дифракционной решетке соответственно.

При такой трактовке члены суперпозиций (5) и (6) имеют следующий смысл:

1. $a_{11}\xi_1\eta_1$ – наблюдатель зафиксировал прохождение частицы через щель 1, и в подсистеме S_2 частица прошла через щель 1. Это событие соответствует одной из возможных «классических альтернатив» копенгагенской трактовки квантовой механики и, в соответствии с ней, «реализуется» с вероятностью, пропорциональной $|a_{11}|^2$.

2. $a_{12}\xi_1\eta_2$ – наблюдатель S_1 зафиксировал прохождение частицы через щель 1, а в подсистеме S_2 частица прошла через щель 2! ⁶. Это не соответствует ни одной из возможных «классических альтернатив» копенгагенской трактовки квантовой механики и, в соответствии с этим, «реализуется» с вероятностью равной нулю, и, следовательно, $a_{12} = 0$. В эвереттике же именно такое событие и рассматривается как склейка. Данное слагаемое является явно противоречащим картине «хорошего наблюдения» по Эверетту, принятой в позднейших работах, в частности в широко известных статьях М.Б. Менского, однако его появление однозначно следует из принятого формализма и потому требует физического истолкования.

Физический смысл такого типа склеек тесно связан с наличием Внешнего наблюдателя, который *знает* о реальности обоих состояний – ξ_1 и η_2 – и потому может оценить возникновение состояния $\xi_1\eta_2$ (т.е. данный исход наблюдения) как «невероятность», «алогичность», «семантическую абсурдность».

Для наблюдателя же S_1 любой исход будет являться просто «экспериментальным фактом», более или менее редким. Если частота какого-то исхода настолько мала, что сопровождающее его явление кажется «случайным», он и

⁶Такой исход соответствует, например, ситуации «неожиданной потери»: вы «только что» положили на стол винтик от дужки очков, а «едва моргнули» - он исчез!

относит его к этой категории, не пытаясь установить ускользающую закономерность. Именно поэтому мы столь спокойно относимся к многочисленным фактам «бытовых склеек» – «пропавших очков», «потерянных вещей и документов» и т.п., а в научной практике вводим понятие «экспериментальной ошибки». С эвереттической токи зрения нет «ошибочных измерений», а есть редкие ветвления и склейки, которые относятся к типу «чуда».

При этом, если наблюдатель S_1 обладает способностью к семантическому анализу, он, так же, как и Внешний наблюдатель, может *предположить* «невероятность» произошедшего события и для проверки его «объективности» (в случае, когда это возможно) попытается провести повторный эксперимент, воссоздающий «те же» начальные условия.

Однако такая попытка заведомо обречена на неудачу из-за стрелы времени. Тех же условий достичь не удастся – память наблюдателя уже содержит информацию о произошедшем событии.

Результатом повторного эксперимента будет альтернатива: либо наблюдатель снова получит «чудесный результат» и потому сочтет, что в первом случае его «подвела память» и «на самом деле» все его прошлое соответствует проводимому эксперименту, либо повторный эксперимент подтвердит «ошибочность» полученного «чудесного результата».

С эвереттической точки зрения такая последовательность событий является ветвлением из точки склейки.

Таким образом, сугубо формально *склейка типа «чудо» является элементом суперпозиции состояния системы «Наблюдатель-Объект» (4), описываемым таким произведением Ψ -функций образующих его подсистем, в котором индексы i и j сомножителей не равны друг другу.*

При этом возникает вопрос о природе Внешнего Наблюдателя. Очевидно, что в рамках существующей научной парадигмы множество Внешних Наблюдателей пусто, ибо единственная непосредственно данная нам истинно изолированная система – универс – включает в себя все сущее. В этом смысле можно понять категоричность Джона А. Уилера: «Наблюдения не делаются извне системы неким супернаблюдателем. Для использования теории «наблюдения извне» нет подходящего наблюдателя» [15]. Такой взгляд был оправдан на начальном этапе развития эвереттики, когда ещё не была осознана связь эвереттики с психофизической проблемой и не была столь ясно определена роль сознания в квантовых процессах. Однако в настоящее время, с современной эвереттической точки зрения, Внешним Наблюдателем для данного универса может являться любой наблюдатель из любой другой ветви мультиверса, в том числе и другая ветвь мультивидуума наблюдателя S_1 .

Согласно развиваемым в эвереттике взглядам о мультивидууме (термин предложен Ю.В. Никоновым [16]) у него столько «Я», в скольких ветвях мультиверса он присутствует. Но кроме этого есть ещё и «НАД-Я», объединяющее эти «универсные Я» и являющееся, собственно, *МУЛЬТИвидуумом*.⁷

⁷Разумеется, у работающих в эвереттике исследователей на этот счет существуют различные мнения. Вот что сообщил мне А. Костерин: «По-моему, мультивидуум не имеет надличностной сущности, т.е. сверхсознания. Мультивидуум проявляется через бессознательное в

При этом сущностное единство обоих наблюдателей (то, что выше названо «НАД-Я») снимает вопрос о нарушении изолированности системы S – обмен информацией между наблюдателями физически происходит не через ее границу, а является особым квантовым процессом (можно предположить, что типа «туннелирования информации»), природу и закономерности которого ещё предстоит изучить.

Другим направлением исследований в этой связи представляется весьма интересная область, развиваемая А.К. Гуцем и Е.В. Палешевой, – изучение спинорных духов [17]. Эти квантовые объекты интерпретируются ими как «тене-вые частицы» Д. Дойча. И именно спинорные духи могут рассматриваться как претенденты на физическую основу передачи информации между различными воплощениями мультивидуума.

Таким образом, парадокс наличия Внешнего наблюдателя изолированной системы разрешается в эвереттике «офизичиванием метафизичности» – введением в физическую картину новой сущности – мультивидуума. И поставленная в основополагающей статье Эверетта задача – построение квантовой механики для изолированной системы – оказывается гёделевской задачей и разрешается в рамках новой метасистемы «Мультиверс-Мультивидуум».

В заключении анализа слагаемого $a_{12}\xi_1\eta_2$ отметим, что в общем случае, при анализе соотношения (4), копенгагенская интерпретация не требует обязательного равенства нулю a_{12} . Из этого ясно виден конвенционализм копенгагенской интерпретации, порождающей парадокс «коллапса волновой функции».

3. $a_{21}\xi_2\eta_1$ – наблюдатель зафиксировал прохождение частицы через щель 2, а в подсистеме S_2 частица прошла через щель 1! Случай, полностью аналогичный предыдущему, и описывает склейку, «симметричную» рассмотренной ранее ⁸.

4. $a_{22}\xi_2\eta_2$ – наблюдатель зафиксировал прохождение частицы через щель 2 и в подсистеме S_2 частица прошла через щель 2. Это соответствует одной из возможных «классических альтернатив» копенгагенской трактовки квантовой механики и, в соответствии с ней, «реализуется» с вероятностью, пропорциональной $|a_{22}|^2$.

В более сложных случаях, когда система и наблюдатель могут находиться в большем числе состояний ($i, j = 1, 2, 3, \dots, k$), число членов суперпозиции возрастает.

каждой личности, и сознание его растёт вместе с сознанием каждой личности. Осознание каждой составляющей личностью мультивидуума как целого – это и есть проявляющееся общее сознание. Эффект «покровителя», «предзнания» и т.д. появляется в результате взаимодействия различных частей мультивидуума через бессознательное. Полностью самосознающее состояние мультивидуума – это конечно внемирное состояние, но и в мире сем мы можем к нему приближаться». [23] Не вступая в полемику, замечу, что указанные проявления мультивидуума у конкретного «Я» в равной степени характерны для обеих гипотез о сущности сознания мультивидуума.

⁸Интерпретационно случай весьма схож с интерпретацией функции состояния $a_{12}\xi_1\eta_2$. Однако и для того, и для другого случаев, можно представить и «зеркальную» интерпретацию: винтик был положен под правую руку, а найден – под левой! С учетом изложенного, «классический наперсточник», сознание которого очевидно не управляет движениями пальцев (они, в современном представлении психофизиологии, управляются подсознанием), каким-то образом влияет на взаимодействие ветвей мультиверса, вызывая желательные для него склейки.

Если записать матрицу $\|a_{ij}\|$, то в «классическом» информационном подходе «реальная» суперпозиция будет описываться только диагональной квадратной подматрицей порядка $n = \min(i, j)$.

Однако для внешнего Метанаблюдателя, который, как показано выше, есть элемент физически не пустого множества, нет никаких логических оснований для исключения «нелогичных» элементов матрицы $\|a_{ij}\|$ – склеек, кроме аргументов «здравого смысла», которые, как свидетельствует история физики, неоднократно опровергались экспериментально.

Поскольку пока не существует теоретических способов расчета элементов a_{ij} , «стихийный эксперимент» свидетельствует только о том, что в большинстве случаев они достаточно малы.

Для более строгой оценки коэффициентов a_{ij} можно предложить провести статистический анализ баз данных по «ошибкам» операторов таких специальностей, как авиадиспетчеры и космонавты, поскольку профессиональная деятельность этих категорий операторов достаточно документирована и имеет богатую статистику. Также целесообразно было бы провести прямые психофизиологические эксперименты по тестированию адекватности реакции наблюдателя на некоторый модельный событийный ряд.

Поскольку уравнения (7)–(8) содержат те же самые слагаемые, которые были проанализированы выше, никаких принципиальных отличий от уже рассмотренных соотнесенных состояний Внешний Наблюдатель не обнаружит. Однако наличие полного спектра соотнесенных состояний системы S позволит ему определить, какого типа склейки возможны для данного состояния наблюдателя S_1 или объекта S_2 .

Проведенный анализ позволяет утверждать, что количество состояний-склеек типа «чудо» в суперпозиционных представлениях систем, имеющих i состояний наблюдателя и j состояний объекта, может быть вычислено по формуле:

$$N_{\text{склеек}} = ij - \min(i, j). \quad (9)$$

Уравнение (9) однозначно свидетельствует о том, что $N_{\text{склеек}}$ – конечное число.

В связи с тем, что «информационный энергообмен» является только частным случаем взаимодействия систем, можно уверенно предположить, что при теоретическом анализе более активных процессов, когда их энергия достаточна для непосредственного изменения наблюдаемых параметров состояния системы, будут обнаружены новые эффекты и проявления *динамики* многомирия, до сих пор математически описывавшегося только как *состояние*⁹.

Разумеется, явления «энергетического взаимодействия» встречаются на практике столь часто, что неоднократно описывались и анализировались с позиций квантовой механики.

При этом следует особо подчеркнуть, что получаемая в таких процессах наблюдателем информация, в отличие от энергоинформационных процессов,

⁹Если опять воспользоваться музыкальными образами, такое взаимодействие радикальным образом меняет тембр Де Бройлевской волны объекта наблюдения, и Наблюдатель «слышит» всё ту же мелодию (система «объект-наблюдатель» остается изолированной), скажем, песню «Валенки», но исполняемую не на балалайке, а симфоническим оркестром.

относится *исключительно к прошлому* наблюдаемой системы. Так, например, в известном опыте Штерна-Герлаха устанавливается информация о величине проекции магнитного момента атома *в момент его прохождения между полюсами магнита*. Вопрос об этой характеристике после взаимодействия с магнитом в копенгагенской интерпретации может быть решен только в результате нового измерения.

Эвереттическая же трактовка позволяет предсказать весь «спектр *настоящих*» этого атома. Правда, какое из этих настоящих станет реальностью того «Я» мультивидуума, которое в следующий момент будет вспоминать об условиях проведенного над этим атомом эксперимента, – это отдельная эвереттическая проблема, сводящаяся к решению вопроса об информационном взаимодействии ветвей «Я».

Особенно перспективной с эвереттической точки зрения областью исследования «энергетических взаимодействий» является химия. Это объективно связано с тем, что при изучении химических процессов исследователь имеет дело с системами, содержащими «термодинамические количества» отдельных объектов (обычно моли веществ, каждый из которых содержит $6,02 \cdot 10^{23}$ частиц). Химические процессы протекают на молекулярном уровне, т.е. в области наиболее яркого проявления квантовых законов¹⁰. А современный уровень развития физико-химических методов анализа дает возможность обнаруживать весьма редкие (маловероятные) исходы молекулярных взаимодействий и подтверждать это статистически достоверно. Да и достигнутое в химии временное разрешение – фемтосекундная спектроскопия – позволяет проявлять весьма тонкие аспекты квантового взаимодействия.

И именно химия дает примеры «материальных капель мультиверса» – объектов, которые зримо демонстрируют физически реальные системы, находящиеся в состоянии квантовой суперпозиции. Это так называемые «переходные состояния», или «активированные комплексы», возникающие в процессах химического превращения реагентов в продукты химических реакций.

Другим примером подобного рода объектов являются квантовые точки и квантовые кубиты – новые объекты, порожденные потребностями нанотехнологий. Электроны, ионы или атомы, входящие в состав квантовых точек и находящиеся в специально вызванном возбужденном состоянии, могут выполнять функции кубитов – рабочих элементов квантовых компьютеров. И отработка способов их создания является одной из приоритетных химических задач в об-

¹⁰С.В.Дёмин в связи с этим спросил: «...для меня не совсем понятен вопрос – какова, с точки зрения эвереттовской трактовки, область «наиболее яркого» проявления квантовых законов?» [24]. Ответ на него важен для понимания места квантовой механики в современном мире. Разумеется, понятие молекулярного уровня уже является образным выражением. Но важность именно этого уровня вызвана тем, что мир «классической квантовой механики» – это именно электронно-атомно-молекулярный мир. Там лежат все экспериментальные основы этой теории, и там продолжается накопление опытных данных. Там выявлялась особая мировоззренческая позиция, с которой сейчас эвереттика пытается посмотреть на «наш макромир». Это естественно: квантовая механика в период своего становления только «оглядывалась по сторонам», а мы «здесь и теперь», с этой, «обустроенной» ею позиции, пытаемся «поднять глаза в небо».

ласти высоких технологий.

При решении задач, обозначенных в последнем примере, возникают и другие квантовые проблемы, связанные с эвереттикой. Так, вследствие того что на наноуровне становится весьма существенной роль флуктуаций (в частности, плотности равновесного с данным объектом теплового излучения, описанные ранее в [18]), придётся описывать термодинамическое состояние нанообъектов как суперпозицию состояний с различной температурой. И здесь важную роль будет играть учет состояний-склеек.

Следует особо подчеркнуть, что нанотехнологии являются тем физическим пределом, который атомная структура вещества поставила перед развитием микроминиатюризации. И тот факт, что именно в ходе реализации потенциальных возможностей нанотехнологий существенную роль начинают играть слабо изученные эффекты многомирия, показывает, что в этой области должен произойти переход к новому технологическому скачку – сознательному использованию этих эффектов в практических целях.

В заключение следует отметить, что рассмотренные нелинейные семантические аспекты основных понятий, введенных Х. Эвереттом в квантовую механику, – параметры памяти волновой функции и соотнесенного состояния – для их более ясного понимания должны быть рассмотрены на более глубоком физико-математическом уровне ¹¹.

Вместе с тем уже представленные здесь результаты дают возможность проведения экспериментальной проверки идей Х. Эверетта и тем самым укрепляют надежду на то, что с помощью развития на этой основе понятийного аппарата эвереттики будут вскрыты новые важные свойства мультиверса.

Благодарности

Автор благодарит д.ф.-м.н. Л.В. Ильичева (Новосибирск, Россия) за весьма плодотворную дискуссию и ценные замечания, к.ф.-м.н. П.Р. Амнуэля (Бейт-Шеан, Израиль) за обсуждение текста и советы, А.М. Костерина (Нюрнберг, Германия), С.В. Дёмина (Омск, Россия) за плодотворные вопросы и обсуждение текста, Д.А. Клеопова (Москва, Россия) за его доклад на Российском междисциплинарном семинаре по темпорологии «Переоткрытие времени: вклад Пригожина в междисциплинарный диалог», катализировавший появление некоторых идей данной работы.

¹¹В равной степени можно утверждать, что углубление и философского и филологического анализа будут способствовать прояснению этих эвереттических понятий. Ведь происходящее сейчас переосмысление роли и места Сознания в физической картине мироздания на философско-филологическом уровне можно уподобить возникновению суперпозиционного состояния « «многомирие» + «многомирие» ». И забытое в связи с орфографической реформой 1918 года слово «*mir*» снова оказывается востребованным для осмысления реальности. Лично мне это стало ясно в результате дискуссии с барнаульским философом Ю.А.Помазным, за что я ему искренно признателен. Вот как обозначил задачу Ю.А.Помазной: «...нужно отличить «Мир» от «Природа» ... Первое – проявление активности души (сознания), результат каковой активности – *Mir* (пусть будет так написано); второе – проявление иной активности» [25].

ЛИТЕРАТУРА

1. Everett H. III. "Relative State" Formulation of Quantum Mechanics // *Reviews of Modern Physics*. 1957. V.29, N.3. P.454-462.
2. Глобалистика. Международный междисциплинарный энциклопедический словарь / Гл. ред. и сост. И.И. Мазур и А.Н. Чумаков. Москва-Санкт-Петербург-Нью-Йорк, 2006. С.1013.
3. Хью Эверетт III. Формулировка квантовой механики через «сотношенные состояния» / Пер. Ю.А. Лебедева на сайте МЦЭИ – <http://www.everettica.org/art/Ever2.pdf>.
4. Лебедев Ю.А. Природа необратимости с позиций эвереттики / В сб.: «Необратимые процессы в природе и технике», ч.2, ФИАН, 2007. С.595-598.
5. Потапов А.А., Лактюнькин А.В., Корешков Д.В. Индикатриссы рассеяния электромагнитных волн фрактальной поверхностью, синтезированной на основе модификаций недифференцируемой функции Вейерштрасса / В сб.: «Необратимые процессы в природе и технике», ч.1, ФИАН, 2007. С.40-43.
6. Грин Б. Элегантная вселенная. Суперструны, скрытые размерности и поиски окончательной теории. М., Едиториал УРСС, 2005. 288 с.
7. Невесский Н.Е. О законе фазовой гармонии Луи Де Бройля (опубликовано в «Библиотеке электронных публикаций» сайта Института исследований природы времени, – http://www.chronos.msu.ru/RREPORTS/nevessky_o_zakone/nevessky_o_zakone.htm).
8. Ефремов М., Каширин С. Скрытая масса. На сайте «Наша Галактика» – http://galaxias.narod.ru/struktur_n_s_soln.htm#скрытая%20масса.
9. Талбот М. Голографическая вселенная. Новый вид поля. Сайт «Библиотека «Полка букиниста». – http://polbu.ru/talbot_holuniverse/ch13_all.html.
10. Потапов А.А. Фракталы в радиофизике и радиолокации: Топология выборки. М.: Университетская книга, 2005. 848 с.
11. Менский М.Б. Концепция сознания в контексте квантовой механики // УФН. 2005. Т.175, N.4. С.413-435.
12. Лебедев Ю.А. Неоднозначное мироздание. Кострома, 2000. С.106.
13. Лебедев Ю.А. Феноменологический формализм описания взаимодействующих ветвей мультиверса, мультивидуума и явления «склеек ветвей мультиверса» // Математические структуры и моделирование. 2006. Вып.16. С.59-66.
14. Менский М.Б. Квантовая механика: новые эксперименты, новые приложения и новые формулировки старых вопросов // УФН. 2000. Т.170, N.6. С.631-648.
15. Wheeler J.A. Assessment of Everett's "Relative State"Formulation of Quantum Theory"// *Reviews of Modern Physics*. 1957. V.29, N.3.
16. Никонов Ю.В. Многомировая интерпретация диссоциативных расстройств психики // Сознание и физическая реальность. 2006. Т.11, N.2. С.32-35.
17. Палешева Е.В.. Спинорные поля с нулевым тензором энергии-импульса. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. Омск, 2004. 16 с.
18. Лебедев Ю.А. Радиационно-неравновесные фазы. Деп. ВИНТИ N.6672-B85 от 16.09.85, Ук.N.2 за 1985 г. 17 с.
19. Линде А.Д. Письмо к организаторам Семинара, посвященного 50-летию публикации статьи Х. Эверетта. – <http://www.everettica.org/news.php3>.

20. Язневич В. «Закон Доньды» Станислава Лема.
– <http://mindspring.narod.ru/lib/lem/kg/kg02905.html>.
21. Ильичев Л.В. Частное сообщение по e-mail от 28.11.06 13:58.
22. Аспек А. Теорема Белла: наивный взгляд экспериментатора / Перевод М.Х. Шульмана доклада А. Аспека на конференции в Вене в декабре 2000 г., посвященной памяти Д. Белла. Опубликовано в «Библиотеке электронных публикаций» сайта Института исследований природы времени.
– http://www.chronos.msu.ru/RREPORTS/aspek_teorema_bella.pdf.
23. Костерин А.М. Частное сообщение по e-mail от 15.12.06 15:05.
24. Дёмин С.В. Частное сообщение по e-mail от 26.03.07. 06:38.
25. Помазной Ю.А. Частное сообщение по e-mail от 19.10.06. 15:54.