Квантовое сознание

Д. Н. Радул,
кандидат философских наук

Введение

Основная проблема современной философской гносеологии заключается в том, что она безнадежно застряла в конце XIX века. В начале XXI века философия рассматривает человека, используя естественнонаучный аппарат XIX века. Сложность выхода из создавшегося положения заключается в том, что философия с середины XIX века стала позитивистски ориентироваться на данные естественных наук. Философия перестала быть носительницей первых аксиом и первых оснований частных наук, объединяющих их в единое целое. Последствия этого предстоит подвергнуть осмыслению.

Естественные науки во второй половине XIX века начали серьезную перестройку своих оснований, избавляясь от многовековой традиции непрерывного эфира. Новые атомистические представления, опирающиеся на понятие актуальной бесконечности, с трудом вошли сначала в математику (теория множеств), затем в физику (теория относительности и квантовая механика) и к началу 30-х годов XX века — в химию (квантовая химия). Новая наука динамично развивалась в Западной Европе до начала 30-х, когда в Германии, Италии и России произошли известные исторические события. Победившие в этих странах тоталитарные режимы увидели вполне очевидную угрозу в мировоззренческом индивидуализме новой атомистической науки. Вспомним, что слова «атом» и «индивид» суть греческое и латинское названия одного и того же. Избиение новой науки произошло на территории всей континентальной Европы. Новая арийская наука и новая сталинская социалистическая наука политическими средствами фактически ликвидировали естественнонаучный атомизм, возродив эфирные представления XX века. Это был политический и научный реваншизм! Но реванш удался лишь частично. Западная Европа избавилась от арийской науки, а Россия от социалистической — до сих пор нет. Правда, новая западноевропей-

ская наука так и не смогла полностью восстановиться от геноцида 30—40-х годов XX века. Перерыв в поступательном развитии привел к очевидной теоретической стагнации в математике, физике и химии.

Но наиболее пострадавшей оказалась биология. Новая атомистическая биология (генетика и синтетическая теория эволюции) как раз начинала активное развитие в 30-х годах, но, к сожалению, не успела сформироваться в жизнеспособные образования. Новая модель «квантового человека» так и не была создана. Современная биология осталась на уровне развития времен XIX столетия, исповедуя модель «эфирного электромагнитного человека». А достижения генетики и синтетической теории эволюции пытаются до сих пор вписывать в эту чужеродную для них схему. Вот в этом и заключается основная проблема современной философии человека. Философы, по заведенной позитивистской традиции, обобщают данные современной биологии и физиологии. А те в свою очередь не могут никак выскочить из эфирных представлений конца XIX века. Тогда в чем «вина» философии? «Вина» заключается в том, что биология ищет и работает, а философы сидят и ждут. Даже не ждут! Ведь слово «ждут» означает, что предчувствуют будущие изменения и готовятся подспудно к ним. Этого нет! Философы просто сидят. Наверное, они уверены в том, что современное общество поступит с ними, как Сулла с афинянами: «Пощажу живых ради мертвых». Блажен, кто верует!

Логика реформирования современной философии проста. Математика, физика и химия отошли от представлений о непрерывном эфире и потенциальной бесконечности. Основания и первые аксиомы этих наук базируются на понятии актуальной бесконечности, которое в этих науках было известно как минимум с V века до н. э. Также отлично знакома с актуальной бесконечностью и философия со времен Демокрита. Это философский атомизм, который никак не могут философы разглядеть в современной науке! Это мощное, глубоко разработанное многовековое философское течение, которое, правда, очень долго находилось в тени религиозной традиции и представлений о непрерывном эфире. Новая современная эпоха — это как раз эпоха атомизма. Всемирно известный физик XX века Ричард Фейнман как-то выразился в том смысле, что если уничтожить всю физику и позволить человечеству оставить себе всего лишь одну фразу, то он оставил бы утверждение «Все тела состоят из атомов, находящихся в постоянном движении и взаимодействии друг с другом» как наиболее важное, из которого уже все остальное можно вывести. Поэтому современная философия должна реанимировать

многовековую атомистическую традицию, помочь осознать частным наукам свои новые атомистические основания, сформировать новые мировоззренческие устои «общества индивидуализма» (индивидуализм — это социальный атомизм). Возвращаясь к философской антропологии и гносеологии, необходимо рассмотреть человека с точки зрения современной физики, химии и математики. А это означает создание модели «квантового человека». Физиологическое устройство человека должно быть описано с точки зрения квантовой механики, а не с точки зрения электромагнитной эфирной теории Максвелла в стиле Гельмгольца. Причем современные философы, а затем биологи должны понять, что модель «эфирного электромагнитного человека» совсем не плоха, она просто не актуальна. Эта модель удовлетворяет всем критериям научности, это выдающееся достижение культуры… но — конца XIX века!

Новая модель «квантового человека» подразумевает не только биологическое описание устройства человека на основе квантовой механики, но и формирование новой модели квантового сознания. Если хотите, речь должна идти о квантовой гносеологии, квантовой антропологии и квантовой философии. Такова будет современная интерпретация философского атомизма. Здесь мы вступаем в новую для современной науки область, хотя философский атомизм имеет многовековую традицию. Все исследования частных наук носят еще неустоявшийся характер, рассматриваются многие пути, часть из которых, очевидно, тупиковые. Именно сейчас философия могла бы помочь актуальным частнонаучным исследованиям проблемы сознания в поисках новых путей. Здесь видятся перспективы сотрудничества философского атомизма и частных наук. Наиболее разработанным направлением современных исследований сознания с точки зрения квантовой механики является модель сознания как квантового компьютера. Эта статья будет посвящена именно такому пониманию квантового сознания, дистанцируясь от модных, но псевдонаучных спекуляций на данную тему.

Соотношение мира культуры и квантового мира

Чтобы понять специфику человеческого сознания, необходимо отвлечься от современного состояния европейской культуры. Европейская культура — это весьма позднее, сложное образование. Изначально было лишь познание окружающего нас мира без представлений о непрерывном эфире и нематериальных божественных существах. Мир познавался в рамках атомистической традиции, но не в ви-

де современной квантовой механики. Ибо последняя слишком явно использует аппарат гамильтоновской эфирной физики и матричный эфирный аппарат.

Итак, атомизм относится к первому этажу здания культуры. Атомизм формирует собственную философию, естественные и гуманитарные науки, формы общественного устройства. Вторым этажом культуры является традиция непрерывного эфира. Вещество атомизма состоит из атомов и пустоты, а непрерывный эфир получается при удалении пустоты. Технологически мы пока не способны это осуществить. Но в культурном поле присутствует огромное количество философских, естественнонаучных и гуманитарных знаний, описывающих всю структуру и приложения непрерывного эфира. Особенно бурное развитие традиция непрерывного эфира имела в Европе в XVII—XIX веках. Третий, высший, этаж здания культуры связан с традицией правильных многогранников, как они описаны в платоновском «Тимее». Это в широком смысле слова религиозная традиция, подразумевающая существование потустороннего мира и нематериальных божественных существ. И потусторонний мир, и божественные существа состоят из пяти правильных многогранников. Человеческое познание заключается только в знании этих трех этажей здания культуры. «Знание» о том, где можно добыть еду или познакомиться с особями противоположного пола, не входит в собственно специфическое человеческое знание. Это интенции нашего существа, поскольку мы являемся не только sapiens, но еще и млекопитающими определенного вида. Обезьяна, которая умеет открывать холодильник и держать IPhone, не является человеком. Но нет ни одной обезьяны, которая интересуется интегралами Фурье или правильными додекаэдрами.

Но вернемся к древнему атомистическому этапу. Древний человек познавал природу через обработку минералов. Выплавка металлов возникла на более поздней стадии. Первоначально обрабатывались различные камни и металлические самородки (особенно золото и серебро). Из всех камней следует особо выделить драгоценные камни. Возможно, древний человек именно через изучение их свойств пришел к атомистическим представлениям. Кристаллические решетки драгоценных камней открыли перед древним человеком такие оптические свойства, как отражение, преломление, дифракция, интерференция, поляризация, двойное лучепреломление. Можно также говорить о самых примитивных формах спектрального анализа. Все эти явления были доступны без использования сверхсложного оборудования и глубоких физико-математических

знаний. Достаточно вспомнить эпохальные ньютоновские опыты с призмами. Именно изучение этих оптических явлений, особенно спектров, и является основой квантовой механики. Наблюдаемая чувствами интерференция преобразилась позже в математическую линейную суперпозицию. Интерференционные картины описывались тогда словесно, но эти слова сейчас мы сжато представляем в математической символической форме рядов Фурье. Очевиден был колебательный характер света. Затухания колебаний описываются сейчас как стремящийся к нулю числовой ряд. Опыт развития атомизма в XVII веке свидетельствует о том, что для открытия этих оптических явлений не требуется развитой индустриальной базы. Также достаточно просты в экспериментальном плане первичные опыты по электричеству и магнетизму, которые повсеместно проводились в XVII и XVIII веках.

Можно задаться вопросом, почему в Египте, Вавилоне или Древней Греции такие опыты не проводились? Ответ достаточно прост. В этих обществах господствующее мировоззрение запрещало исследование окружающего нас мира, ибо все познавательные способности человека должны были быть направлены на изучение потустороннего, горнего, мира. Знание горнего мира подразумевало, что атомистическая стадия изучения реального мира уже давно пройдена и потому не интересна. Как только запрет на изучение мира вокруг нас был снят в середине XVII века, европейцы за несколько сот лет построили атомные станции и вышли в космос. А в тех обществах, где этот негласный запрет не снят, до сих пор люди живут в раннем средневековье. Развитие знаний в рамках современной мировой цивилизации не носит поступательного характера. Это развитие определяется общими мировоззренческими установками. Но если известные нам древние общества уже имели знания атомистической традиции, традиции непрерывного эфира и традиции божественных первоэлементов, то необходимо предположить существование первоначального древнейшего общества. В этом обществе сначала зародились атомистические взгляды, затем представления о непрерывном эфире и только позже — знание о геометрических первоэлементах. Соответственно в этот первоначальный период формирования всех культурных знаний не было позднейших ограничений на исследования окружающего нас мира. Поэтому путь познания оптических и электромагнитных явлений был свободен.

Как подчеркивалось выше, древние изучали оптические и электромагнитные свойства драгоценных камней и минералов. Практическим приложением этих знаний могли быть отшлифованные зажи-

гательные кристаллы как способ получения огня. Кроме того, возможно было использовать увеличительные способности кристаллов. Но не эти приложения были основными для формирования атомистической традиции. Исследование свойств кристаллов приводит к более поразительному выводу. «Например, возможно, что естественная временная эволюция какой-нибудь простой квантовой системы, такой как кристалл, может сама по себе производить полезные вычисления»[1]. Вот еще одна цитата о естественной вычислительной способности природных молекул: «Быть может, наиболее приятная сторона в понимании того, что создание квантовых компьютеров не потребует производства крошечных микросхем атомных размеров или других сложнейших приборов с использованием нанотехнологии. Действительно, природа уже завершила самую тяжелую часть технологического процесса, собрав основные компоненты. Все время обычные молекулы знали, как выполнять замечательный вид вычислений. Люди только не задавали им правильных вопросов»[2]. К сожалению, мы не можем до сих пор нащупать путь к этой естественной вычислительной способности, как их называли в древности, «магических кристаллов». Попытаемся ответить на вопрос, как можно обрабатывать информацию без электричества и современных полупроводников. Суть всех современных квантовых методов вычисления заключается в использовании преобразования Фурье. Основной смысл преобразования Фурье заключается в суммировании гармонических колебаний различной частоты. Это суммирование есть аналог суперпозиции и интерференции. Например, алгоритм Шора исследует только результирующую картину интерференции. Поэтому наблюдение какого-либо объекта через «магический кристалл» даст ту или иную интерференционную картину. Например, наблюдение внутренностей жертвенных животных (любимый способ гадания древних) через «магический кристалл» мог представить определенную интерференционную картину, которую уже можно интерпретировать как гармоничную (позитивный результат) или дисгармоничную (негативный результат). В данном случае выращивание жертвенных животных в храме жрецами есть приготовление первоначального регистра для вычисления этой гармонии. Если общий порядок храмовых действий жрецов дисгармоничен, то и результат выращивания будет дисгармоничен, что и по-

[1] *ДиВинченцо Д. И.* Квантовые вычисления // Квантовые компьютеры и квантовые вычисления. — 1999. — № 1.— С. 54.

[2] *Гершенфельд Н., Чанг И.* Квантовые вычисления с молекулами // Квантовые компьютеры и квантовые вычисления. — 1999. — № 1. — С. 151.

кажет кристалл. Если непорядок присутствует у лучших представителей данного сообщества, то тем более непорядок царит и во всем сообществе. В известных нам древних обществах результаты гаданий интерпретировались не естественным образом (как описывалось выше), а как благоволение или не благоволение богов. Думается, что это наслоение новой религиозной традиции на более древнюю естественную традицию. Характерно, что современные религии относятся к гадательной практике весьма негативно.

Драгоценные камни («магические кристаллы») открыли перед древним человеком естественный путь познания мира через внутреннюю гармонию, ибо «магический кристалл» непосредственно мог помочь человеку увидеть эту гармонию через интерференционную картину. Основанием интерференции являются колебательные процессы, которые происходят на атомном и субатомном уровнях. Современная физическая наука как раз стремится познать эти колебательные процессы. Исследование эволюции колебательных процессов составляет суть волновой механики. Правда, как уже отмечалось выше, квантовая механика в первой трети XX века использовала эфирный физико-математический аппарат, поэтому атомистическая математическая теория множеств с большим трудом проникает в квантовую механику. И именно здесь необходима методологическая помощь философии, которая могла бы указать этот путь для современных квантовых физиков.

Квантовый компьютер и квантовое сознание

Основная установка данной статьи заключается в том, что окружающий нас мир — это мир, описываемый по законам квантовой механики и теории относительности. Окружающий нас мир принципиально (!) нельзя рассматривать с позиций классической механики XIX века, ибо эта механика создавалась для описания не нашего мира, а идеального непрерывного эфира. Лучшие физики XX века, занимавшиеся квантовой механикой, вполне это понимали. «И мне не нравятся анализы, исходящие только из классической теории, поскольку природа не классическая, черт возьми, и если вы хотите сделать моделирование природы, лучше сделать ее квантово-механической, и, ей-богу, это прекрасная проблема, поскольку не выглядит такой уж простой»[3]. Фейнман вполне определенно заяв-

[3] *Фейнман Р.* Моделирование физики на компьютерах // Квантовые компьютеры и квантовые вычисления. — 1999. — № 2. — С. 121.

ляет: «Теперь, что за физику мы собираемся имитировать. Во-первых, я собираюсь описать возможность моделирования физики в классическом приближении, то, что обычно описывается локальными дифференциальными уравнениями. Но физический мир — мир квантовой механики, и, следовательно, истинная проблема — моделирование квантовой механики»[4]. Можно привести множество цитат различных авторов в подтверждение этих слов. Но не стоит загружать ими данную статью. Сделаем исключение еще для одной. «В поведении всех систем, даже тех, которые называются классическими, лежит квантовая механика. ("Даже отвертка является квантово-механической системой" — Landauer 1995 г.)»[5].

Итак, если окружающий нас мир есть мир квантовый, то предмет данной статьи — сознание — тоже следует описывать как квантово-механическое явление. И все процессы, которые протекают в сознании, и более широко — в живой природе, необходимо рассматривать с точки зрения основных постулатов копенгагенской интерпретации. Следовательно, сознание придется представлять с точки зрения таких понятий квантовой механики, как запутанность, квантовый параллелизм, квантовая телепортация, нелокальность и т д. Все проявления жизни и сознания должны найти свою интерпретацию через эти понятия. Сознание как метафизический атрибут совершенного эфирного человека не должно более быть предметом современных исследований. Поэтому необходимо исключить главное препятствие на пути изучения сознания, которое воздвигает метафизика. Совершенный эфирный человек метафизической традиции начиная с Нового времени отождествлялся не с индивидуальным реальным человеком, а с родовой сущностью или общественным коллективным субъектом. Естественно, сознание и мозг человека разделялись непреодолимой границей. Говорить в рамках этой метафизической традиции о сознании животных было бессмысленно. В рамках атомистической модели следует говорить о реальном индивидуальном человеке, поэтому сознательная и мозговая деятельности должны совпадать. Кроме того, непосредственно встает вопрос о моделировании мозговой и сознательной деятельности с помощью компьютера. Для атомизма познание процесса, его моделирование и воспроизводство на практике совпадают. Ибо если ты познал реальность, значит, ты ее можешь сконструировать.

---

[4] Там же. — С. 97.

[5] *Стин Э.* Основы квантовых вычислений // Квантовые компьютеры и квантовые вычисления. — 2001. — Т. 2. — № 1. — С. 9.

Тема сравнения мозга человека и компьютера имеет уже полувековую историю. За это время вполне сформировалась когнитивистская программа, которая делится на сторонников сильного и слабого искусственного интеллекта. Сторонники сильного искусственного интеллекта признавали тождество действия человеческого мозга и классического цифрового компьютера. Эти представления подверглись вполне справедливой критике. Для примера приведем аргументы известнейшего философа, представителя «философии сознания», Дж. Сёрля: «Конечно, наш мозг является цифровым компьютером, поскольку он выполняет любое количество компьютерных программ. И, конечно, наш мозг способен мыслить. Итак, мы опять получили тривиальный ответ. Но на самом деле вопрос был задан неверно. Его следовало задать так: "Может ли цифровой компьютер мыслить?" Или иначе: "Достаточно ли для мышления выполнения правильной компьютерной программы с правильными данными на входе и выходе, конституирует ли это мышление?" На этот вопрос следует ответить: "нет". "Нет", потому что компьютерная программа определяется чисто синтаксически. Но мышление есть нечто большее, чем манипулирование не имеющими смысла символами, оно предполагает осмысленные семантические содержания. Эти семантические содержания я и имею в виду, когда говорю о "смысле"»[6]. Естественно, эта критика вполне актуальна при рассмотрении классического цифрового компьютера. Но она перестает действовать, когда речь заходит о квантовом компьютере. Ведь семантика, смыслы — это объекты квантового порядка. Они существуют в сфере мгновенного (нелокального), за пределами конечного вещественного субстрата, который играет лишь вспомогательную роль. Реализованное в вещественном субстрате есть синтаксис. Это формализуется и наблюдается в виде импульсов в аналоговых устройствах, либо в числах цифровых устройств. А смыслы понятий невещественны и неуловимы (просто буквально невидимы) для классического неквантового взгляда. Атомистические смыслы понятий — это гармония мод в преобразовании Фурье, которая наблюдается в виде квантовой интерференции в алгоритме Шора. Но об этом будет сказано подробнее ниже.

С 80-х годов XX века начинается активное сравнение человеческого мозга и квантового компьютера. Приведем несколько цитат из культовой книги Р. Пенроуза «Новый ум короля». Во многом эта

[6] *Searle John.* Minds, Brains and Science: The 1984 Reith Lectures. — London, 1984. — P. 22.

книга привлекла внимание широкой научной общественности к проблемам квантового компьютера и понимания сознания как квантового компьютера. Пенроуз вполне определенно ставит следующие вопросы: «А есть ли вероятность, что человеческий мозг, который в рамках данного обсуждения я рассматриваю как физическое устройство, хотя и имеющее чрезвычайно тонкую и сложную структуру, — может неким образом использовать волшебство квантовой теории? Понимаем ли мы сегодня, как именно квантовые эффекты могут с пользой применяться для решения задач или формирования суждений?»[7] Ответ Пенроуза достаточно однозначен: «Я убежден, что — несмотря на мнение, разделяемое большинством физиологов — квантовые явления могут играть важную роль в функционировании головного мозга человека»[8]. Пенроуз пытается дать физиологическую модель действия человеческого мозга в терминах квантовой механики (суперпозиция возможных состояний, декогеренция). «Давайте вспомним, что мозг, на самом деле, похож скорее не на обычный компьютер, а на компьютер, который постоянно изменяется. За эти изменения, по-видимому, отвечают процессы активации или деактивации синапсов, которые, в свою очередь, происходят вследствие роста или сокращения дендритных шипиков (см. главу 9, с. 319; рис. 9.15). Здесь я наберусь смелости и выскажу предположение о том, что этот рост или сокращение теоретически могут подчиняться принципам наподобие тех, которые управляют квазикристаллическим ростом. При этом "тестируется" не одно из возможных альтернативных расположений, а сложная линейная суперпозиция большого числа таких расположений. До тех пор пока эффект каждой из этих альтернатив не превышает "одногравитонного уровня" (или некоторого его аналога), они будут существовать одновременно (более того: должны сосуществовать, коль скоро справедливы законы U-квантовой механики). Пока не превзойден одногравитонный уровень, могут начать одновременно выполняться суперпозиции разных вычислений, что вполне соответствует принципам действия квантового компьютера. Однако вряд ли такие суперпозиции смогут существовать достаточно долго, поскольку нервные сигналы создают электрические поля, которые должны вносить значительные возмущения в окружающую среду (хотя их миелиновые оболочки являются своего рода изоляторами)»[9].

---

[7] *Пенроуз Р.* Новый ум короля. — М., 2011. — С. 154.
[8] Там же. — С. 155.
[9] Там же. — С. 441.

Человеческий мозг и квантовый компьютер имеют одно общее существенное свойство, которое принципиально отсутствует в классическом цифровом компьютере. Мозг человека считается мощным и эффективным аналоговым устройством. В качестве дискретных сигналов выступают нервные импульсы. Также и в квантовом компьютере амплитуды являются аналоговыми величинами. «Динамика состояния компьютера передается изменениями во времени амплитуд $a_x(t)$, которые являются аналоговыми величинами, принимающими непрерывный ряд значений в интервале $0 \leq |a_x(t)| \leq 1$. Управлять компьютером, значит, управлять процессами $a_x(t)$, то есть по способу управления квантовый компьютер является аналоговым компьютером. Такое сочетание свойств — аналоговый способ управления, вероятностный характер представления цифрового решения — не присутствует ни в одном типе классических компьютеров. Квантовый компьютер выглядит минотавром в мире компьютеров, сочетая несовместимые в классическом мире свойства аналоговых и цифровых классических компьютеров»[10]. Поэтому очевидно невозможно моделировать деятельность сознания на основе моделей классического цифрового компьютера. Это должно быть существенным методологическим ограничением для сторонников теории сильного искусственного интеллекта.

Теперь перейдем к непосредственному рассмотрению квантовых свойств в квантовых моделях мозга и сознания. Начнем с самого загадочного атомистического свойства — нелокальности. Классическая механика XIX века — это эфирная механика, созданная Лейбницем, Эйлером, Лагранжем, Гамильтоном. Эта механика интерпретирует атомистические законы Галилея—Ньютона с точки зрения теории близкодействия, принципиально исключая атомистическую мгновенность взаимодействия. И в этом смысле новая квантовая механика в ее копенгагенской интерпретации является возвращением к исходной атомистической механике. Копенгагенская интерпретация принимает нелокальность как «жуткое дальнодействие», на которое жаловался А. Эйнштейн. Дальнодействие подразумевает, что скорость взаимодействия не ограничена скоростью света. И это звучит вполне парадоксально. Но как будет показано далее, невозможно понять деятельность сознания без мгновенного дальнодействия. Непонимание данного факта закрывает для современных исследователей высшей нервной деятельности всякую возможность

[10] *Валиев К. А.* Квантовые компьютеры и квантовые вычисления // Успехи физических наук. — 2005. — Т. 175. — № 1. — С. 11.

адекватного познания. Квантовый компьютер и квантовое сознание мгновенно обрабатывают актуально бесконечное количество данных. И эта мгновенная работа с бесконечностями продолжается непрерывно без остановки. А то, что всплывает в нашем сознании, есть редукция волновой функции, означающая выбор только одного варианта из бесконечности. Эта редукция и обеспечивает временной аспект последовательной смены одного состояния на другое состояние. Так рождается психологическое время для квантового сознания. Причем следует учесть, что редукция осуществляется не при непосредственном восприятии, а на более поздних этапах обработки информации. Об этом подробнее будет сказано ниже.

Не менее парадоксально квантово-механическое утверждение, что прошлое, настоящее и будущее существуют одновременно. «Я упоминал что-то о возможности времени — о вещах, на которые действует не только прошлое, но и будущее, и, следовательно, что наши вероятности в некотором смысле "иллюзорны". Мы имеем информацию только из прошлого и пытаемся предсказать следующий шаг, но в реальности он зависит от ближайшего будущего, которое мы не можем ухватить, или что-то в этом роде. Очень интересный вопрос — происхождение вероятностей в квантовой механике»[11]. В атомистической традиции время состоит из мгновений, поэтому как таковых конечных промежутков прошлого, настоящего и будущего просто нет. Конечные промежутки существуют в эфирной традиции, где мгновения времени принципиально запрещены. Соответственно, атомистическая традиция рассматривает четырехмерное пространство-время Минковского, где время существует одновременно как прошлое, настоящее и будущее. Так, по Беневу, мгновенные процессы совершаются не локально, а глобально. «Если система и соответствующий ей гамильтониан таковы, что для каждого n и, по крайней мере, для некоторых значений времени $t = n\Delta + \delta$, $0 < \delta < \Delta$, состояние $\Psi(t)$ будет линейной суперпозицией всех возможных состояний Ψ_m с ненулевыми коэффициентами $Y_{nm}(\delta)$, то систему называют глобальной во времени. Причина употребления такого термина состоит в том, что, пока система эволюционирует из состояния Ψ_n в момент t_n к состоянию Ψ_{n+1}, полное состояние $\Psi(t)$ содержит составляющие, которые соответствуют всем состояниям, которые уже были достигнуты в будущем»[12]. Все

[11] *Фейнман Р.* Моделирование физики на компьютерах. — С. 120.

[12] *Бенев П.* Квантовомеханические гамильтоновы модели машин Тьюринга // Квантовые компьютеры и квантовые вычисления. — 1999. — № 2. — С. 81—82.

это необходимо учитывать при рассмотрении сознания. И знание будущих событий в рамках этих представлений будет не самым парадоксальным фактом.

Теперь поговорим об интерференции и суперпозиции. «Вычислительный процесс носит характер интерференции, так как амплитуды базисных состояний являются комплексными числами. Квантовый компьютер можно рассматривать как сложное интерференционное устройство, в котором интерференция состояний создает вычислительную мощь компьютера»[13]. Квантовая интерференция непосредственно связана с другим важнейшим квантовым свойством — квантовым параллелизмом. Квантовый компьютер и реальное сознание, как уже было выше сказано, одновременно обрабатывают актуально бесконечное количество информации. В этом заключается суть квантового параллелизма. Но всю эту информацию нельзя представить как множество сосуществующих битов классической информации. Например, при обработке множества телефонных номеров нельзя рассматривать их как сумму отдельных номеров, как это представляется в классическом компьютере. Квантовый компьютер суммирует элементы в единую квантовую картину, которая называется «суперпозицией возможных состояний» или «квантовой интерференционной картиной». И вся эволюция квантового вычисления заключается в изменении этой интерференционной картины. Результатом вычислений оказывается изменение фаз различных состояний: одни фазы взаимно усиливают друг друга в интерференционной картине, а другие взаимно гасятся. Приведем конкретный фрагмент квантовых вычислений. «В нашем примере состояние $|000\rangle$ преобразуется в себя, как этого требует таблица истинности для AND, потому что два вычислительных пути, приводящих в конце концов к $|000\rangle$, имеют одну и ту же фазу (0 вдоль одного пути и 2π вдоль другого), и поэтому их взаимное влияние конструктивно. Неправильный результат, например $|010\rangle$, чьи вычислительные пути также доходят до конца, предотвращается, потому что фазы его двух возможных путей противоположны (0 вдоль одного пути и π вдоль другого), и, интерферируя, гасят друг друга»[14]. Этот пример дает важное описание конструктивной и деструктивной интерференций, которые лежат в основании всех известных современных методов квантовой обработки информации.

---

[13] *Валиев К. А.* Квантовая информатика: Компьютеры, связь и криптография // Вестн. Рос. акад. наук. — 2000. — Т. 70. — № 8. — С. 688—695.

[14] *ДиВинченцо Д. И.* Квантовые вычисления. — С. 45—46.

Этап чувственного восприятия. Квантовая телепортация

ВАЖНЕЙШЕЙ задачей является новое решение проблемы восприятия, которое предполагает необходимость прекращения практики XVII—XX веков, когда восприятие рассматривалось метафизически. В рамках господствовавшей в этот период эфирной традиции восприятие представлялось как восприятие некоторого идеального эфирного человека, который существенно отличался от обычного реального человека. Так, например, тело декартовского человека управлялось эфирными животными духами. Кант рассматривал вместо реального человека загадочного трансцендентального субъекта. А диалектический материализм — коллективного общественного субъекта, который в перспективе совпадал с неотчужденным человеком идеального коммунистического общества. Все эти подходы относятся к эфирной культурной традиции, но как же быть с реальным человеком и реальным восприятием?

Реальное восприятие должно быть рассмотрено с точки зрения квантовой механики. Понятно, что современная квантовая механика еще находится во многом на стадии формирования. Поэтому она вряд ли сейчас сможет дать ответы на все интересующие нас гносеологические вопросы. Но прежний метафизический путь рассмотрения идеального эфирного человека должен быть принципиально исключен. Исследователь должен неустанно повторять себе, что реальный мир — это квантовый мир, реальный человек — это квантовый человек. Все, что было сделано в рамках метафизической эфирной традиции, было сделано под описание не реального, а идеального эфирного человека. Причем Декарт, Кант, Гегель, Маркс открыто об этом говорили. Тогда был один предмет познания и то, что было сделано, очень важно и нужно. Но это не годится для другого предмета познания — реального человека!

Итак, как же воспринимает информацию о внешнем мире реальный квантовый человек? Внешняя информация представлена в форме кубитов или квантовых битов. «Квантовый бит или кубит — это вектор единичной длины в 2-мерном комплексном векторном пространстве, в котором зафиксирован некоторый базис $\{|0\rangle, |1\rangle\}$»[15]. Обобщением кубитов на многомерные гильбертовы пространства являются кудиты. «Так же как кубит реализуется как состояние гильбертова пространства размерности два, кудит реализуется как

[15] *Риффель Э., Полак В.* Основы квантовых вычислений // Квантовые компьютеры и квантовые вычисления. — 2000. — Т. 1. — № 1. — С. 13.

состояние в гильбертовом пространстве H_d»[16]. Кубит представляет собой суперпозицию возможных состояний воспринимаемого. В метафизической эфирной традиции идеального человека четко заявлялось, что происходит наблюдение. На языке квантовой механики это означает, что произошли проектирование, измерение, коллапс волновой функции. То есть суперпозиция возможных состояний превращается из множества возможностей в одно актуальное состояние воспринимаемого, выбранное из всех возможностей. Действительно, у идеального эфирного человека познавательный процесс проще и совершеннее, чем у реального квантового человека. После получения чистых восприятий идеальный эфирный человек метафизической традиции формирует из ряда восприятий понятие буквально наложением. То есть берется несколько образов и сохраняются общие этим образам черты (то, что встречается во всех эталонных образах данной вещи). Затем с этим понятием начинают оперировать в рамках формальной логики. Но для реального квантового сознания все не так просто и гладко. Реальный человек не должен потерять суперпозицию возможных состояний воспринимаемого. Не одна из возможностей, а именно вся суперпозиция (линейная функция) возможностей должна стать объектом исследования квантового человека на следующем этапе углубленной обработки информации. Поэтому на этапе восприятия суперпозиция должна быть сохранена. Как уже говорилось, если будет произведено просто наблюдение, то суперпозиция, согласно законам квантовой механики, будет разрушена (коллапс). Как-либо реконструировать эту суперпозицию не дает квантовый запрет на клонирование состояний. Так что остается единственный путь — квантовая телепортация. Квантовая телепортация позволяет перенести суперпозицию воспринимаемого внутрь воспринимающего без ее разрушения.

Внешняя суперпозиция сцепливается, смешивается с суперпозицией возможных состояний органов чувств. Ведь органы чувств — это тоже квантовые объекты, а любой квантовый объект в чистом состоянии полагается как суперпозиция. Но органы чувств изначально сцеплены, смешаны с головным мозгом. Если говорить упрощено, то один кубит находится в органе восприятия (для примера возьмем глаз), а другой кубит — в соответствующих зонах головного мозга. Упрощение заключается в том, что необходимо говорить,

[16] *Барлетт С. Д., Гиз Г. де, Сандерс Б. С.* Квантовые вычисления с гармоническим осциллятором // Квантовые компьютеры и квантовые вычисления. — 2001. — Т. 2. — № 2. — С. 87.

во-первых, о кудитах, а во-вторых, о том, что нет локализованных зон для восприятия, например, зрительной информации. Очевидно, что информация дублируется в несколько областей. Но это все непринципиальные вещи. Важно, что импульсы, которые двигаются по нейронным цепям в процессе восприятия, четко знают свой путь ко второму сцепленному кубиту. Нелокальность задает целеполагание. Вещественное видимое движение целенаправленно стремится туда, куда уже добралась невещественная мгновенная передача. Медленное по компьютерным меркам движение импульса по нейронным путям соответствует передачи части информации по классическому каналу связи. Такая передача обязательно входит в процесс квантовой телепортации. Описание квантовой телепортации — это моделирование того, что происходит в живом человеческом мозге. Квантовые кубиты обеспечивают мгновенную передачу информации, а медленные нейронные импульсные передвижения позволяют дешифровать ее. «Алиса и Боб находятся на произвольном расстоянии друг от другу. Предположим, Алиса измеряет свою частицу и обнаруживает состояние $|0\rangle$. Это означает, что общее состояние теперь будет $|00\rangle$. А если Боб измерит свою частицу, то он также обнаружит $|0\rangle$. Аналогичным образом, если Алиса измерит $|1\rangle$, то и у Боба будет тот же результат. Заметим, что изменение общего квантового состояния происходит мгновенно, несмотря на то, что две частицы произвольно удалены друг от друга. Получается, что это позволяет Алисе и Бобу передавать друг другу сигналы, которые распространяются быстрее скорости света»[17]. Еще раз следует сделать акцент на том, что нейроны обеспечивают классический канал связи. Таким образом, процесс восприятия — это мгновенная (вневременная) квантовая телепортация (как говорил Эйнштейн, «работа привидений на больших расстояниях»[18]) плюс существующая во времени передача по нейронным цепям как по классическим каналам связи. Поэтому-то эфирному человеку и не нужен головной мозг, похожий на миску с овсянкой. Ведь эфирный человек не пользуется мгновенной передачей информации. В эфирном мире запрещены мгновения атомизма, «работа приведений», дальнодействие. В эфирной традиции не должно быть и реальных нейронов, которые поддерживают и обеспечивают механизм квантовой телепортации. В моделях «эфирного электромагнитного человека» опи-

[17] *Риффель Э., Полак В.* Основы квантовых вычислений. — С. 18.

[18] *Боувмеестр Д., Ян-Вей Пан и др.* Экспериментальная квантовая телепортация // Квантовые компьютеры и квантовые вычисления. — 1999. — № 1. — С. 116—119.

сываются нейроны, но нет объяснения, почему они действуют так или иначе.

Итак, процессы восприятия, так же как и далее рассматриваемые процессы обработки информации, происходят мгновенно. Поэтому современные исследователи не могут найти эти процессы в субстрате мозга. Ибо нейроны — это только видимая часть процесса, причем не самая важная. Атомизм всегда работает с мгновенными процессами. Именно эти процессы лежат в основании восприятия и мышления. Без понимания этого мы будем безрезультатно убивать подопытных животных, пытаясь понять, как работает их мозг. Кажется, что мгновенность неуловима. Но это не так. Любые процессы, которые физически сводятся к известнейшему ЭПР-эффекту, позволяют нам «работать с привидениями». ЭПР-эффект описывает процессы дальнодействия (мгновенного взаимодействия), о которых с V века до н. э. неустанно твердит античный атомизм. Об этом дальнодействии постоянно говорит и новоевропейский атомизм XVII века в лице Галилея и Ньютона. Об этом же в XVIII и XIX веках говорили Лаплас и Фурье. Пора прислушаться. Особенно к Фурье, ведь преобразование Фурье и ряды Фурье лежат в основании квантовой механики и всех процессов программирования квантовых компьютеров. Именно для этого нужна философия, чтобы показать атомистическую традицию на протяжении веков и заставить современных физиков не бояться дальнодействия и мгновенности.

Этап обработки восприятия. Алгоритмы Шора и Гровера

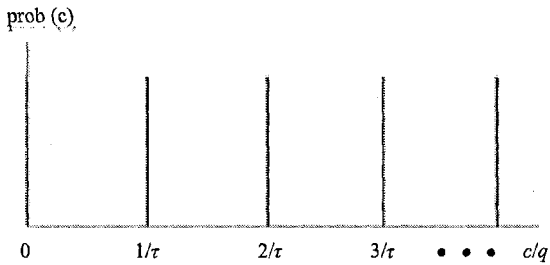
В результате процесса квантовой телепортации внутри мозга оказывается образ внешней суперпозиции. Более точно речь идет о кубите (в более общем случае — кудите) субъекта восприятия. Именно этот кубит воспроизвел в себе кубит внешней информации о воспринимаемом объекте. Здесь приходится использовать понятия метафизической эфирной гносеологии (образ, субъект, объект). Эти понятия перегружены чужеродным для атомизма содержанием, поэтому современные науки предпочитают вообще ими не пользоваться. Это позволяет избегать путаницы и ненужных споров. Проблема философов заключаются в том, что они готовы предоставить неактуальных сейчас Декарта, Канта или Маркса, а нужны сейчас античные атомисты, новоевропейские атомисты и их последователи в XVIII—XX веках. Это помогло бы физикам и математикам перестать блуждать «в трех соснах».

Итак, субъект имеет внутреннюю (интериоризованную) суперпозицию, тождественную внешней суперпозиции. Теперь начинается этап ее первоначальной обработки и отделения существенного от несущественного. Для квантового сознания такое первоначальное выделение происходит посредством применения квантового преобразования Фурье и алгоритма факторизации Шора. «Но за прошедшие несколько лет люди обнаружили нестандартные пути искусного решения задачи измерения, чтобы использовать преимущества квантового параллелизма. Манипуляции подобного рода не имеют аналогов в классической теории и требуют применения нетрадиционных приемов программирования. Один из таких приемов заключается в управлении квантовым состоянием таким образом, чтобы могло быть считано общее свойство всех результирующих значений, такое как симметричность или период функции. Подобная техника используется в алгоритме разложения на множители Шора»[19]. В этой цитате упоминается несколько очень важных для теории познания понятий — «общее свойство всех результирующих значений», «симметричность» и «период функции». Подобное выделение общего свойства и есть квантовое основание процесса реального абстрагирования, которое происходит в квантовом сознании. Необходимо забыть раз и навсегда об абстрагировании как припоминании платоновских идей или применении общих понятий Аристотеля. Все это допотопная метафизика, которая, к сожалению, до сих пор господствует в разных модернизированных вариантах в головах ученых. С точки зрения квантовой теории абстрагирование — это выделение общего повторяющегося периода внутри суперпозиции всех возможных состояний. Итак, внутренняя (интериоризованная) суперпозиция с необходимостью заключает в себе периодическую структуру, которой обладала и внешняя суперпозиция. Именно эта периодичность выявляется с помощью очень мощного математического средства — квантового преобразования Фурье.

Таким образом, реальный квантовый человек не выделяет в процессе познания «лошадность» или «круглость». Мы способны выделять лишь симметричность и периоды частотных колебаний. Причем процесс абстрагирования имеет вполне наглядный геометрический смысл в виде полос отрезков распределения вероятности. «Предположим, что f(a) имеет период r, то есть f(a + r) = f(a). Сумма по a приводит к конструктивной интерференции коэффициентов, только когда c/q кратно обратному периоду 1/r. При всех других

[19] *Риффель Э., Полак В.* Основы квантовых вычислений. — С. 5.

значениях c/q происходит в большей или меньшей степени деструктивная интерференция. Таким образом, распределение вероятности найти первый регистр с различными значениями схематично показано на рисунке»[20].



Наши органы чувств непосредственно не видят этих полос, только наше сознание способно воспринимать это и реагировать. Сознание созерцает периодичность, которая присутствует в самой природе. Все природные явления подчиняются этой всеобъемлющей симметрии как мировой гармонии и красоте. «Physical laws should have mathematical beauty. (Физические законы должны обладать математической красотой.) Надпись мелом на доске в Московском университете, оставленная Дираком осенью 1955 года»[21]. Гармонические колебания, которые являются физическим основанием рядов Фурье, оказываются одновременно основанием прекрасного в природе. Гармонические периодические колебания конституируют квантовые скачки электронов между стационарными орбитами внутри атомов. Периодические колебания заложены в фундаменте всех известных нам физических взаимодействий. Электромагнитные периодические колебания формируют молекулы и более сложные химические соединения. ДНК шифрует в себе уникальный период, свойственный только данному существу. Выявление этой гармонии дарует нам интеллектуальную радость познания, о которой говорили все атомисты. Эти же колебания воспринимаются как телесная красота в живой и неживой природе (красота человеческого тела, произведений искусства, природных явлений). Для квантовой гносеологии познать какой-либо объект — значит выявить его периодическую структуру, описать его математически с помощью наиболее общих рядов как сумм гармонических колебаний. Примером

[20] *Брауншгейн С. Л.* Квантовые вычисления: учебное руководство // Квантовые компьютеры и квантовые вычисления. — 1999. — № 1. — С. 26—27.

[21] *Дирак П.* Воспоминания о необычайной эпохе. — М., 1990. — С. 5.

таких рядов являются ряды Фурье. Все физические законы квантовой механики базируются на суммах гармонических колебаний. Никакая «лошадность» более не должна считаться понятием. Абстрагируемым понятием как выделением общих свойств теперь будет являться выделение физико-математической периодичности, симметричности и гармоничности. Познать природу значит описать ее математически. Таково основание новой гносеологии. В отличие от понятийного познания, искусство заключается в том, чтобы вносить эту гармонию в некоторый чувственно воспринимаемый материал.

Но квантовое сознание не только занимается познанием как таковым. Другим фундаментальным действием квантового сознания является принятие волевого решения. Здесь начинает действовать алгоритм Гровера. Этот алгоритм выбирает с помощью итераций одну из возможных альтернатив. Опять объектом преобразования оказывается внутренняя (интериоризованная) суперпозиция, тождественная внешней суперпозиции. В качестве примера представим путь муравья в лесу. Вот ему на дороге встретился камешек, который необходимо обойти. Квантовое решение задачи о движении муравья даст нам решение задачи о движении робота. Ведь роботы, построенные на основе классических компьютеров, едва ли способны быть так проворны, как муравьи. Причина этого в том, что любое живое существо преобразует информацию и формирует действие на основе квантово-механических закономерностей. Так же должен функционировать и робот. Итак, камешек вместе со своим окружением дает внешнюю суперпозицию всех возможных состояний внешнего для муравья мира. Необходимо понять, что муравей не видит картинки камня и полянки вокруг него. И мы, когда идем автоматически, не видим этой картинки. Картинка для нас всплывает, когда мы ее специально исследуем. Но муравей этого не делает. Он получает лишь внешний поток интерферирующих фотонов в виде информационной суперпозиции. Как мы выше показали, он получает эту суперпозицию мгновенно. Время уходит только на дешифровку. Но дешифровка идет параллельно. Например, пришли все четыре состояния кубита в квантовой телепортации, а нужно выбрать только одно с помощью классического канала связи. Так, пока идет информация по классическому в данном случае нейронному каналу, все четыре состояния мгновенно входят в воздействие алгоритма Гровера. Для них нет потери времени, они существуют вне времени. Затем алгоритм Гровера выберет единственную альтернативу. И только тогда нейроны «догонят» мгновенные процессы. То есть мгновенный процесс уже знает прошлое и будущее. А ней-

роны лишь путешествуют по этой уже предзаданной линии прошлых, настоящих и будущих состояний.

Теперь последовательно рассмотрим действия муравья. Изначально на интериоризованную внешнюю суперпозицию накладывается поведенческий образец действия муравья. Для муравья этот образец предзадан его генетическим устройством. И только теперь интериоризованная внешняя суперпозиция сцепится с образцом, паттерном действия. На первом этапе алгоритма Гровера будет произведено уравнивание всех возможных путей обхода камня. Все пути обхода окажутся равновероятны. «Квантовый алгоритм поиска начинается с перевода состояния системы в суперпозицию N состояний, соответствующих всем N элементам, среди которых производится поиск»[22]. Формируется данная суперпозиция всех возможных альтернатив с помощью преобразования Уолша—Адамара. Пространственно-временные координаты переводятся в импульсное пространство квантовым преобразованием Фурье. Получается суперпозиция частот. Каждая частота кодирует свое альтернативное (ортогонально независимое) направление движения.

На втором этапе алгоритма Гровера производится выбор одной альтернативы с помощью квантовой операции диффузии. Легко показать, «что преобразование диффузии D, можно интерпретировать как операцию инверсии относительно среднего»[23]. Эта альтернатива изначально предзадана парадоксальной квантовой одновременностью прошлого, настоящего и будущего. Внутри уже новой суперпозиции присутствует состояние наиболее оптимального, с точки зрения муравья, пути преодоления препятствия в виде камня. Все другие альтернативы так и останутся на уровне равновероятного среднего, а та альтернатива, которой суждено актуализироваться, достигнет вероятности, равной единице. «Каждая итерация этого цикла увеличивает амплитуду искомого состояния на O $(1/\sqrt{N})$. В результате за O $(\sqrt{N})$ повторений цикла амплитуда, а, следовательно, и вероятность оказаться в желаемом состоянии достигнет величины O (1)»[24]. Так произойдет процесс квантово-механического превращения потенциального в актуальное.

Итак, «нужно опознать элемент, обладающий некоторым специфическим свойством, из неупорядоченного списка из N эле-

[22] *Гровер Л. К.* Польза суперпозиции // Квантовые компьютеры и квантовые вычисления. — 1999. — № 1. — С. 109—110.

[23] Там же. — С. 105.

[24] Там же.

ментов»[25]. Когда начинаются полномасштабные квантовые вычисления, то выделяется лишь одна альтернатива из суперпозиции бесконечного множества альтернатив. «При надлежащем задании программы поиска вычисления искомого состояния на каждом этапе усиливают друг друга, в то время как остальные интерферируют случайным образом»[26]. Эта альтернатива будет моделью поведенческого акта живого существа. Но как выделяется сама альтернатива? Скорее всего, следует принять два возможных пути действия живого организма. Первый вариант срабатывает, когда живое существо уже обладает устойчивым образцом решения данной проблемы. Тогда организм действует стереотипично, выделяя наиболее соответствующую идеалу альтернативу из суперпозиции бесконечных альтернатив. Второй путь срабатывает в случае непредвиденной ситуации. Тогда «побеждает» та альтернатива, которая обладает наибольшим комплексным коэффициентом в преобразовании Фурье. Какая альтернатива обладает наибольшей амплитудой, зависит от того, как была изначально «приготовлена» суперпозиция. Способ приготовления суперпозиции — это уникальное существенное свойство каждого живого существа. Причем существа одного вида приготавливают суперпозиции примерно одинаково в рамках некоторого статистического разброса. Результат выбора может быть неудачным и даже фатальным для данного существа. Теория эволюции свидетельствует, что сама природа «отбирает» случайным образом те виды, которые совершают больше эффективных выборов в моменты неопределенности и новизны. Ведь, как правило, живое существо, включая человека, неспособно предусмотреть и предвидеть все последствия своего действия.

Теперь разберем подробнее сам механизм выбора альтернативы. Самое важное заключается в том, что живое существо не перебирает альтернативы одну за другой, как бы примеряя их. Таков способ действия обычного классического шахматного компьютера. Можно представить себе муравья, перебирающего бесконечные варианты, как обойти камешек у него на дороге. Муравей должен рассмотреть углы, координаты, импульсы, причем все это в бесконечном количестве. Здесь бы даже буриданов осел быстрее принял решение. Но живые существа — не обычные современные цифровые компьютеры. Они действует подобно моделям квантовых компьютеров со скоростью большей, чем простой перебор вариантов. «Квантовые

[25] Там же. — С. 109.
[26] Там же. — С. 100.

компьютеры могут находиться в суперпозиции состояний и одновременно экзаменовать множество элементов; значит, имеется возможность искать быстрее, чем с классическими компьютерами. Не так давно было показано, что квантовый компьютер может осуществить поиск в списке меньше, чем за $\sqrt{N}$ шагов»[27]. Таким образом, живое существо, имея намного меньшую скорость быстродействия нейронных связей, способно принимать более быстрые решения. Именно потому, что живое существо сразу параллельно обрабатывает (экзаменует) бесконечное множество элементов. Как неоднократно упоминалось выше, квантовое действие (в данном случае решение) осуществляется мгновенно, но его классическая дешифровка занимает тот или иной промежуток времени.

Итак, квантовое сознание обрабатывает актуально бесконечное множество элементов одновременно. Вот этим преобразованием актуально бесконечного множества элементов занимается современная математика — теория множеств. Если последовательно применять теорию множеств к теории квантовых компьютеров, то придется заменить используемые сейчас квантовые операции (копирующие классические операции) на преобразования теории множеств. Но это тема отдельного обсуждения. Сейчас необходимо только выразить сожаление, что современные физики не хотят знакомиться с теорией множеств, несмотря на все старания привить ее со стороны Д. Гильберта и его геттингенской физической школы.

Заключение

Все вышеизложенное является первой попыткой автора осмыслить сознание с точки зрения квантовой механики. Поэтому все рассуждения носят гипотетический характер и могут быть подвергнуты заслуженной критике. Многие положения должны быть, несомненно, в будущем переосмыслены, но общее понимание сознания с точки зрения квантовой механики не должно подвергаться сомнению. Эта методологическая установка сформирована на основе общей мировоззренческой установки, согласно которой мы живем в век атомизма и все науки должны быть перестроены в соответствии с этими новыми реалиями. В завершение необходимо добавить, что для понимания данной статьи читателям желательно ознакомиться со статьями автора, опубликованными в сборниках данной серии за предыдущие несколько лет.

[27] Там же. — С. 109.