

Квантовая механика как цифровая согласованность

Онтологическая интерпретация квантового формализма в рамках цифрового апейронизма

С. А. Карпов

Версия 2.0 · 2026

Аннотация

В статье предложено онтологическое прочтение квантовой механики в рамках цифрового апейронизма — философской модели, в которой устойчивые миры понимаются как самоподдерживающиеся структуры различных состояний и отношений. Работа имеет интерпретационный, а не физико-теоретический статус: стандартный квантовый формализм принимается без изменений, новые динамические уравнения и экспериментальные предсказания не вводятся. Квантовое состояние сопоставляется с амплитудно структурированным семейством допустимых продолжений истории; суперпозиция — с сохранением нескольких таких продолжений; измерение — с корреляцией системы, прибора и среды; декогеренция — с подавлением локально доступной интерференции; запутанность — с несепарабельной связанностью, не сводимой к пространственным отношениям между заранее самостоятельными подсистемами. Показано, что это прочтение совместимо с теоремой Белла, теоремой Кохена—Шпекера и запретом управляемой сверхсветовой сигнализации, однако само по себе не выводит правило Борна, не решает проблему единственного результата и не объясняет происхождение гильбертова пространства. Сформулированы критерии, которым должна удовлетворять будущая формализация, чтобы цифровой апейронизм мог претендовать на статус физической модели, а не только метафизической интерпретации.

Ключевые слова: цифровой апейронизм; интерпретации квантовой механики; суперпозиция; измерение; декогеренция; квантовая запутанность; теорема Белла; контекстуальность.

1 Постановка задачи

Квантовая теория подтверждена широким кругом экспериментов и лежит в основе современной атомной физики, физики конденсированного состояния, квантовой оптики и физики элементарных частиц. Однако эмпирический успех формализма не устраняет вопрос о его онтологическом содержании. Вектор состояния, комплексная амплитуда, редукция состояния, несепарабельность и роль измерительной установки допускают разные толкования. Различия между интерпретациями нередко не затрагивают наблюдаемые вероятности, но меняют ответ на вопрос о том, что считается физически существующим [1–8].

Цель настоящей работы — определить, можно ли согласованно прочитать стандартный квантовый формализм в терминах цифрового апейронизма [23]. Под цифровым апейронизмом понимается онтологическая концепция, согласно которой фундаментальный уровень реальности образован не готовыми

объектами в заранее существующих пространстве и времени, а различными состояниями, отношениями и правилами их совместимости. Устойчивый мир в этой концепции представляет собой самоподдерживающуюся структуру, внутри которой возникают причинный порядок, наблюдаемые объекты и эффективная геометрия.

Основной тезис работы состоит в следующем. Стандартный квантовый формализм допускает непротиворечивое метаонтологическое прочтение, при котором квантовая структура нашего мира считается не универсальной формой всякой возможной реальности, а одним из устойчивых режимов более общего пространства допустимых самоподдерживающихся онтологий. Этот тезис не утверждает физического отличия от квантовой механики или эвереттовской программы. Его предметом является уровень онтологических обязательств, который может стать основанием будущей формализации, но в настоящей работе не обладает самостоятельными наблюдаемыми следствиями.

Предлагаемое прочтение не является выводом квантовой механики из цифровых постулатов. Оно не заменяет уравнение Шрёдингера, правило Борна, операторный формализм или квантовую теорию поля. Поэтому в статье не формулируется «теорема цифровой согласованности» и не утверждается обнаружение нового физического закона. Результат работы состоит в системе онтологических соответствий, оценке их внутренней непротиворечивости и явном описании нерешённых задач.

1.1 Уровни утверждений

Чтобы не смешивать эксперимент, физическую теорию и метафизическую интерпретацию, используются три уровня утверждений.

Уровень	Содержание	Статус
Е	Интерференционные эксперименты, наблюдаемая декогеренция, нарушения неравенств Белла, работа квантовых устройств	Эмпирические результаты
Т	Гильбертово пространство, унитарная эволюция, операторы наблюдаемых, правило Борна, матрица плотности	Стандартный физический формализм
А	Допустимые продолжения, цифровая согласованность, глубинная сеть отношений, онтологическое понимание записи	Интерпретация цифрового апейронизма

Утверждение уровня А не становится экспериментальным фактом только потому, что оно сопоставлено с формулой уровня Т. Обратно, отсутствие самостоятельного экспериментального следствия не делает интерпретацию логически бессодержательной: она может уточнять набор онтологических обязательств, связывать разные части формализма и выявлять условия будущей теории. Однако без отличимых предсказаний такая конструкция остаётся философской интерпретацией.

1.2 Критерии состоятельности

В настоящей работе интерпретация считается состоятельной, если она удовлетворяет пяти требованиям:

1. сохраняет стандартные квантовые вероятности;
2. не приписывает теоремам Белла и Кохена—Шпекера более сильных следствий, чем они действительно устанавливают;
3. различает унитарную эволюцию, декогеренцию и постулат результата измерения;
4. не использует сознание как физическую причину декогеренции;
5. указывает, какие положения являются определениями, какие — интерпретациями, а какие требуют будущего вывода.

2 Квантовый формализм и проблема интерпретации

2.1 Состояние и вероятность

В нерелятивистской квантовой механике чистое состояние представляется нормированным лучом гильбертова пространства. При выборе ортонормированного базиса его можно записать как

$$|\psi\rangle = \sum_i c_i |q_i\rangle, \sum_i |c_i|^2 = 1.$$

Коэффициенты c_i являются комплексными амплитудами, а не обычными вероятностными весами. Для результата, которому соответствует проектор P_i , правило Борна задаёт вероятность

$$p_i = \langle \psi | P_i | \psi \rangle.$$

В выбранном невырожденном базисе это выражение принимает вид $p_i = |c_i|^2$. Интерференция возникает потому, что для неразличимых альтернатив складываются амплитуды, после чего вычисляется квадрат модуля:

$$p = \left| \sum_k A_k \right|^2 = \sum_k |A_k|^2 + \sum_{k \neq l} A_k A_l^*.$$

Последняя сумма содержит интерференционные члены. Поэтому любое онтологическое толкование суперпозиции должно сохранить не только перечень альтернатив, но и их относительные фазы.

2.2 Некоммутирующие наблюдаемые

Для двух самосопряжённых операторов $\hat{A}$ и $\hat{B}$ соотношение Робертсона имеет вид [9]

$$\Delta A \Delta B \geq \frac{1}{2} |\langle [\hat{A}, \hat{B}] \rangle|.$$

В частности, $[\hat{x}, \hat{p}] = i\hbar$ приводит к

$$\Delta x \Delta p \geq \frac{\hbar}{2}.$$

Это ограничение связано с алгеброй операторов, а не только с несовершенством прибора. Интерпретация обязана учитывать базисную и контекстуальную структуру квантового описания; словесная ссылка на «неполноту информации» не воспроизводит содержание некоммутативности.

2.3 Измерение и декогеренция

Идеализированный этап предызмерения можно представить унитарной корреляцией системы с прибором и средой:

$$\left(\sum_i c_i |s_i\rangle\right) |M_0\rangle |E_0\rangle \rightarrow \sum_i c_i |s_i\rangle |M_i\rangle |E_i\rangle.$$

Если состояния среды, коррелированные с разными результатами, становятся практически ортогональными,

$$\langle E_j | E_i \rangle \approx 0 (i \neq j),$$

то после частичного следа по степеням свободы среды редуцированная матрица плотности системы и прибора становится приблизительно диагональной в устойчивом базисе:

$$\rho_{SM} \approx \sum_i |c_i|^2 |s_i, M_i\rangle \langle s_i, M_i|.$$

Декогеренция объясняет подавление локально наблюдаемых интерференционных членов и устойчивость квазиклассических записей [6, 10–12, 24]. Она не превращает глобальное чистое состояние в единственный компонент и сама по себе не выводит факт одного переживаемого результата [6, 13]. Практическая необратимость также не тождественна фундаментальной неунитарности: для достаточно контролируемой системы частичное восстановление когерентности принципиально возможно.

3 Основные интерпретационные стратегии

3.1 Копенгагенская традиция

Под «копенгагенской интерпретацией» объединяют неоднородную совокупность взглядов. В работах Бора центральное место занимают контекст эксперимента, дополнительность и необходимость классического описания измерительной установки [1]. Сознание наблюдателя не является обязательным элементом этой позиции. Трудность возникает при попытке провести точную границу между квантово описываемой системой и классически описываемым прибором, а также согласовать непрерывную унитарную динамику с дискретным результатом измерения.

3.2 Относительные состояния Эверетта

Эверетт отказался от фундаментального коллапса и применил унитарную динамику к составной системе, включающей наблюдателя [2]. После взаимодействия состояние наблюдателя коррелирует с альтернативными состояниями измеряемой системы. Современные многомировые версии соединяют эту идею с декогеренцией. Их центральная дискуссионная задача — обоснование вероятностного смысла правила Борна при сохранении всех

ненулевых компонентов универсального состояния [14]. Сам факт того, что наблюдатель обнаруживает коррелированную запись, не заменяет вывода количественной меры вероятности.

3.3 Теория де Бройля—Бома

В бомовской механике волновая функция дополняется фактической конфигурацией, а траектории определяются направляющим уравнением [3]. Теория детерминистична и явно нелокальна. В состоянии квантового равновесия она воспроизводит статистические предсказания обычной нерелятивистской квантовой механики. Построение релятивистских и квантово-полевых версий возможно, но часто требует дополнительной структуры, например фолиации пространства-времени [15]. Поэтому корректнее говорить о сложности естественного релятивистского обобщения, а не о доказанной несовместимости всей программы с релятивистской физикой.

3.4 Модели объективного коллапса

Модели GRW и CSL изменяют динамику состояния, вводя стохастическую локализацию [16, 17]. В исходной GRW-модели макроскопическое усиление связано с большим числом составляющих; в массово-пропорциональных версиях CSL интенсивность зависит от распределения массы. В отличие от эмпирически эквивалентных интерпретаций, такие модели допускают экспериментальные ограничения своих параметров [17]. Связь коллапс-динамик со стохастическими процессами в гильбертовом пространстве рассматривается, в частности, в работе [18]. Эти модели принципиально отличаются от цифрового прочтения, предложенного ниже: настоящая статья динамику не модифицирует.

4 Онтология цифровой согласованности

4.1 Минимальные понятия

Пусть Q обозначает класс допустимых описаний состояний, а $q \in Q$ — отдельное описание. Вводится отношение допустимого продолжения

$$C \subseteq Q \times Q,$$

так что

$$q C q'$$

означает: q' допускается после q в рассматриваемой структуре. Это определение не является квантовым законом движения. Отношение C не заменяет оператор унитарной эволюции и не задаёт амплитуд перехода.

В базовой онтологии цифрового апейронизма [23] самоподдерживающийся мир обозначается как структура

$$F = (Q, R, U),$$

где R кодирует отношения между различными компонентами, а U обозначает правило внутреннего обновления. В настоящей статье R и U не получают самостоятельной физической динамики. Их роль ограничена

онтологическим словарём. Вопрос о том, может ли из них быть выведена квантовая эволюция, остается открытым.

4.2 Суперпозиция как структурированное семейство продолжений

Обычное множество альтернатив не может представить квантовую суперпозицию: в нём отсутствуют комплексные амплитуды, относительные фазы, нормировка и тензорная структура. Поэтому выражение «множество согласованных продолжений» используется в строго ограниченном смысле. Оно обозначает семейство компонентов, уже организованное стандартным вектором состояния:

$$P(q) = \{(q_i, c_i)\}_i, |\psi\rangle = \sum_i c_i |q_i\rangle.$$

Здесь $P(q)$ не вводит новый математический объект вместо $|\psi\rangle$, а служит его онтологическим прочтением. Компоненты q_i интерпретируются как допустимые продолжения, а c_i сохраняют свой стандартный статус комплексных амплитуд. Апейронизм в текущей версии не объясняет, почему пространство состояний линейно, почему амплитуды комплексны и почему вероятность задаётся правилом Борна.

Такое ограничение существенно. Если назвать $|c_i|^2$ «мерой согласованности», это будет переименованием уже известной вероятности, а не её выводом. Самостоятельное объяснение возникнет только в том случае, если мера будет получена из независимо заданных свойств R , U или C .

4.3 Измерение как распределение корреляций

На уровне T измерение включает формирование корреляций между системой, прибором и средой. На уровне A тот же процесс истолковывается как распространение записи по структуре отношений. Записанными оказываются не единственный заранее выбранный результат, а корреляции между альтернативными состояниями системы, прибора и среды. По мере увеличения числа неконтролируемых степеней свободы восстановление интерференции становится практически недоступным.

Такое прочтение не требует сознательного наблюдателя как физического механизма. Наблюдатель, если он включён в описание, становится ещё одной подсистемой, коррелированной с прибором и средой. Однако из этого не следует выбор единственного глобального компонента. Проблема определённости субъективного результата остаётся той же, что и в безколлапсных интерпретациях.

4.4 Декогеренция и причинная автономия

После декогеренции разные компоненты состояния могут быть практически неспособны к наблюдаемой интерференции. В цифровом словаре это описывается как эффективная автономизация продолжений. Слово «эффективная» принципиально: ортогональность состояний среды обычно является приближённой, а глобальная эволюция остаётся унитарной.

Поэтому термин «отдельный мир» не вводится как следствие одной декогеренции. Если цифровой апейронизм утверждает онтологическую реализацию всех продолжений, это является дополнительным метафизическим постулатом, родственным эвереттовской онтологии. Отличие может состоять в том, что универсальная волновая функция рассматривается не как окончательный уровень, а как локальное представление более общего пространства допустимых самоподдерживающихся структур. Такое отличие пока не даёт нового физического предсказания.

5 Запутанность, локальность и контекст

5.1 Несепарабельность

Запутанное состояние составной системы в общем случае не факторизуется:

$$|\Psi_{AB}\rangle \neq |\psi_A\rangle \otimes |\psi_B\rangle.$$

Несепарабельность означает, что полное состояние нельзя заменить парой независимых чистых состояний подсистем. В цифровом прочтении это выражается утверждением, что пространственно разделённые наблюдаемые компоненты могут быть проекциями единого отношения в R . Данная формулировка не выводит квантовые корреляции; она отказывается считать геометрическую удалённость достаточным основанием онтологической независимости.

5.2 Теорема Белла

Для двух сторон, выбирающих установки a, a' и b, b' , комбинация CHSH определяется как

$$S = E(a, b) + E(a, b') + E(a', b) - E(a', b').$$

Локально-каузальные модели со скрытыми переменными при стандартных предпосылках удовлетворяют неравенству

$$|S| \leq 2.$$

Квантовая теория допускает границу Цирельсона [19]

$$|S| \leq 2\sqrt{2}.$$

Для синглетного состояния корреляция измерений спина вдоль направлений a и b равна

$$E(a, b) = -a \cdot b = -\cos \theta_{ab}.$$

Эксперименты нарушают белловскую границу; в 2015 году несколько независимых экспериментов одновременно закрыли основные лазейки локальности и регистрации [20–22]. Логический вывод требует точности: результаты исключают широкий класс локально-каузальных моделей со скрытыми переменными при предпосылках, включающих статистическую независимость выбора установок. Они не доказывают «отсутствие реальности» и не дают управляемого сверхсветового канала.

5.3 Запрет сигнализации

Пусть ρ_{AB} — совместное состояние, а локальное преобразование на стороне В задаётся следосохраняющим квантовым каналом E_B . Редуцированное состояние А после невыборочного преобразования остаётся

$$\rho'_A = \text{Tr}_B[(I_A \otimes E_B)(\rho_{AB})] = \rho_A.$$

Следовательно, выбор локальной операции В без передачи её результата не позволяет изменить статистику измерений А. Это стандартное выражение запрета сигнализации [25]. Цифровая интерпретация обязана сохранять это свойство. Ссылка на «глубинную связанность» не освобождает модель от необходимости воспроизвести количественные корреляции и отсутствие управляемой передачи.

5.4 Теорема Кохена—Шпекера

Теорема Кохена—Шпекера исключает неконтекстуальное присвоение заранее определённых значений всем квантовым наблюдаемым при сохранении функциональных отношений между совместимыми наблюдаемыми в гильбертовых пространствах размерности не менее трёх [5]. Она не запрещает все теории со скрытыми переменными; контекстуальные модели, включая бомовскую механику, не исключаются.

Цифровой апейронизм в настоящей версии не приписывает всем наблюдаемым заранее существующие значения, независимые от контекста. Наблюдаемая величина интерпретируется как результат проекции глубинной структуры в конкретной измерительной конфигурации. Это обеспечивает совместимость с ограничением Кохена—Шпекера, но не выводит саму контекстуальную структуру квантовой теории.

6 Сопоставление интерпретаций

Вопрос	Копенгагенская традиция	Эвереттовская программа	Де Бройль—Бом	Цифровой апейронизм
Динамика	Унитарная эволюция и правило результата	Универсальная унитарность	Волновая функция и направляемая конфигурация	Стандартная квантовая динамика принимается без изменения
Коллапс	Используется в операциональном описании	Фундаментально отсутствует	Фундаментально отсутствует; эффективный коллапс	Не вводится дополнительно; статус результата остаётся открытым
Наблюдатель	Часть экспериментально о контекста	Физическая подсистема	Физическая подсистема	Физическая подсистема и носитель корреляций
Скрытые переменные	Не используются	Не используются	Конфигурационные переменные	В текущей версии не вводятся
Вероятность	Правило Борна принимается	Требуется интерпретационное обоснование	Квантовое равновесие	Правило Борна принимается, но не выводится
Нелокальность	Принимаются квантовые	Следует из глобального	Явная в направляющей	Истолковывается как

Вопрос	Копенгагенская традиция	Эвереттовская программа	Де Бройль—Бом	Цифровой апейронизм
	корреляции	состояния	динамике	негеометрическая связанность
Собственные предсказания	Совпадают со стандартной теорией	В обычной формулировке эмпирически эквивалентны	В квантовом равновесии эмпирически эквивалентны	Пока отсутствуют

Цифровой апейронизм ближе всего к интерпретациям без фундаментального коллапса, поскольку не нуждается в сознании как причине измерения и допускает сохранение альтернативных компонентов. Его отличие от Эверетта находится не в вычисляемых вероятностях, а в метаонтологии. Это различие требует отдельного рассмотрения.

6.1 Эвереттовская программа и цифровой апейронизм

В эвереттовской программе универсальное квантовое состояние и унитарная эволюция принимаются как фундаментальное описание замкнутой Вселенной [2, 14]. Ветвящаяся квазиклассическая структура возникает внутри этой квантовой онтологии вследствие декогеренции. Разные современные версии программы могут расходиться в понимании ветвей, вероятности и онтологического статуса волновой функции, однако квантовый формализм остаётся универсальной рамкой.

Цифровой апейронизм выдвигает более общее метаонтологическое допущение. Квантовая структура рассматривается как один из возможных устойчивых режимов среди самоподдерживающихся структур, а не как необходимая форма всякого логически допустимого мира. Абсолютная Цифровая Пена не отождествляется с универсальной волновой функцией нашей Вселенной. Она обозначает предполагаемое пространство допустимых состояний, отношений и правил совместимости, внутри которого могут существовать как квантовые, так и иные внутренне согласованные режимы.

Различие можно представить схематически:

Эверетт: универсальность квантовой онтологии,

цифровой апейронизм: квантовая онтология как один из устойчивых режимов.

Это различие не является новым физическим результатом: оно не изменяет вероятности измерений и не предлагает наблюдаемого критерия выбора между двумя программами. Оно является предметом статьи именно как метаонтологическое различие. Его возможная ценность состоит в постановке следующего вопроса: можно ли вывести квантовый тип мира из более общих условий различимости, связности и самоподдержания, не предполагая квантовый формализм исходно?

Замена слова «ветвь» словом «продолжение» сама по себе не создаёт новизны. Самостоятельное содержание возникнет только в том случае, если цифровая метаонтология задаст ограничения на допустимые структуры, объяснит выделенность квантового режима или позволит получить формализм из независимо сформулированных принципов. До этого цифровой апейронизм

следует считать отличимой философской гипотезой, но не физически отличимой альтернативой Эверетту.

7 Нерешённые проблемы

7.1 Происхождение пространства состояний

Модель не выводит комплексное гильбертово пространство, линейность или тензорное произведение. Без такого вывода понятия R , U и C остаются интерпретационным словарём поверх готового квантового формализма.

7.2 Правило Борна

Называть $|c_i|^2$ мерой согласованности недостаточно. Необходимо независимо определить меру на продолжениях и доказать, что при всех допустимых разложениях она совпадает с правилом Борна. До этого количественная вероятность заимствуется из стандартной теории.

Трудность не является специфической только для цифрового апейронизма. В эвереттовской программе разработаны различные способы обоснования правила Борна. Теоретико-решенческий подход Дойча и Уоллеса связывает квантовую меру с требованиями к рациональным предпочтениям агента в ветвящейся Вселенной [14, 26]. Другие подходы используют симметрию, типичность или самоопределение наблюдателя. Дискуссия касается того, выводится ли правило Борна из одной унитарной динамики либо в обоснование входят дополнительные предпосылки о рациональности, мере или типичности.

Эти дискуссии не освобождают цифровой апейронизм от собственной задачи. Они показывают лишь, что отсутствие окончательного вывода правила Борна ограничивает полноту интерпретации, но не делает онтологический анализ логически невозможным. В настоящей работе правило Борна принимается как элемент уровня T ; получение его из уровня A относится к программе дальнейшей формализации.

7.3 Континуум и цифровое описание

Конечные строки над конечным алфавитом образуют счётное множество, тогда как комплексные амплитуды стандартного формализма принадлежат континууму. Вместе с тем бесконечные последовательности над конечным алфавитом могут образовывать несчётное множество. Поэтому использование конечного алфавита само по себе не решает вопрос ни в пользу дискретности, ни в пользу вычислимости.

Возможны по меньшей мере четыре трактовки:

1. фундаментальные амплитуды дискретны;
2. физически допустимы только вычислимые комплексные числа;
3. континуум является эффективным пределом дискретной или счётной структуры;
4. фундаментальное описание допускает бесконечные, в том числе невычислимые последовательности.

Эти варианты имеют разный онтологический и физический смысл. Первые три могут приводить к ограничениям стандартного пространства состояний и, следовательно, потребуют проверки на возможные наблюдаемые отклонения. Четвёртый сохраняет математический континуум, но ослабляет вычислительное значение термина «цифровой».

В настоящей версии термин «цифровой» используется в минимальном смысле: первичными считаются различимость состояний и определённости отношений, а не обязательная конечность или алгоритмическая вычислимость каждого состояния. Такой выбор сохраняет интерпретационный статус работы, но оставляет открытым вопрос, достаточно ли этого значения для самостоятельной цифровой онтологии. Строгая версия модели должна будет выбрать один из перечисленных вариантов и принять связанные с ним последствия.

7.4 Определённость результата

Декогеренция даёт эффективную смесь для локального наблюдателя, но глобально сохраняет суперпозицию. Цифровой апейронизм должен либо принять относительность результата, близкую к Эверетту, либо добавить физический механизм отбора, либо разработать иной способ связи глобального состояния с единичным опытом. Последние два пути уже могут привести к новой физической теории.

7.5 Релятивистская ковариантность

Если R не является пространственной сетью, необходимо определить, как из неё возникает световой конус и почему наблюдаемые законы лоренц-инвариантны. Нельзя вводить глобальный порядок обновления, экспериментально выделяющий предпочтительную систему отсчёта, без новых проверяемых последствий.

7.6 Количественное воспроизведение корреляций

Образ «единого узла» должен быть заменён конструкцией, воспроизводящей $E(a, b) = -\cos \theta_{ab}$, границу Цирельсона и no-signalling. Иначе он лишь называет несепарабельность другим словом.

8 Программа возможной формализации

Переход от интерпретации к физической модели потребует последовательного решения нескольких задач.

Во-первых, необходимо определить пространство состояний и закон композиции подсистем. Формализм должен объяснить, почему совместная система описывается тензорным произведением и почему допустимые преобразования линейны.

Во-вторых, требуется задать отображение между онтологическими структурами и наблюдаемыми величинами. Для каждой конфигурации измерения должны быть определены операторы или более фундаментальные объекты, из которых они возникают.

В-третьих, нужна нормированная мера продолжений. Её свойства должны обеспечивать правило Борна, а не предполагать его в определении согласованности.

В-четвёртых, модель должна воспроизвести белловские корреляции, контекстуальность и запрет сигнализации. Негеометрическая связанность допустима как онтологический постулат, но её наблюдаемые следствия должны быть лоренц-совместимы.

В-пятых, следует определить критерий эмпирического различия. Если все вычислимые результаты совпадут со стандартной квантовой механикой, цифровой апейронизм останется интерпретацией. Если появится поправка к вероятности, спектру, скорости декогеренции или корреляционной функции, она должна быть выражена количественно и проверена на совместимость с существующими ограничениями.

8.1 Кандидатные математические языки

Выбор математического аппарата пока не сделан. Поэтому перечисленные ниже подходы являются кандидатами, а не частями уже построенной теории.

Теория графов и гиперграфов может использоваться для моделирования отношения R , если фундаментальная связанность окажется представимой сетью бинарных или многоместных отношений. Тензорные сети естественно описывают структуру квантовых корреляций и могут быть полезны для исследования связи между запутанностью и возникающей геометрией. Квантовые клеточные автоматы предоставляют язык дискретной локальной динамики, но их применение потребует объяснить, в каком смысле локальность автомата связана с негеометрическим уровнем модели. Категорные подходы могут формализовать композицию состояний и процессов без предварительного выбора конкретного субстрата. Теория типов может быть использована для уточнения допустимости и непротиворечивости переходов.

Ни один из этих аппаратов нельзя считать подтверждением цифрового апейронизма. Выбор будет содержательным только тогда, когда он позволит вывести хотя бы часть квантовой структуры, а не просто записать уже известный формализм в новых обозначениях.

Эта программа не является новой теорией и не гарантирует её построение. Она задаёт проверяемые требования к будущей работе и ограничивает произвольность онтологического языка.

9 Заключение

Цифровой апейронизм допускает последовательное интерпретационное сопоставление с основными элементами квантовой механики. Суперпозиция может быть прочитана как амплитудно структурированное семейство допустимых продолжений; измерение — как образование корреляций между системой, прибором и средой; декогеренция — как подавление локально доступной интерференции; запутанность — как несепарабельность, не сводимая к геометрическому расстоянию между независимо существующими подсистемами.

Это сопоставление сохраняет стандартные ограничения. Теорема Белла не истолковывается как опровержение реальности вообще; теорема Кохена—Шпекера не превращается в запрет любых скрытых переменных; квантовые корреляции не используются для сверхсветовой сигнализации; декогеренция не объявляется решением проблемы единственного результата.

В текущем виде цифровой апейронизм не выводит квантовый формализм и не имеет отличимых экспериментальных предсказаний. Его результат состоит в формулировке метаонтологического тезиса: квантовая структура может рассматриваться как один из устойчивых режимов более общего пространства допустимых самоподдерживающихся онтологий. Этот тезис отличает цифровой апейронизм от эвереттовской универсализации квантовой онтологии, но пока не создаёт физически наблюдаемого различия.

Дальнейшая программа получит физическое содержание только после вывода пространства состояний, правила Борна, квантовых корреляций и релятивистской структуры из независимо заданных принципов. До выполнения этих условий цифровая согласованность должна рассматриваться как философская интерпретация квантовой теории и как программа возможной формализации, а не как завершённая физическая модель.

Декларация статуса

Работа является независимым теоретико-философским исследованием. Она не сообщает о новых экспериментальных данных, не изменяет стандартный квантовый формализм и не формулирует новую доказанную физическую теорию. Ответственность за предложенную интерпретацию несёт автор.

Литература

1. Bohr N. The Quantum Postulate and the Recent Development of Atomic Theory. *Nature*. 1928;121:580–590. [doi:10.1038/121580a0](https://doi.org/10.1038/121580a0).
2. Everett H. III. “Relative State” Formulation of Quantum Mechanics. *Reviews of Modern Physics*. 1957;29:454–462. [doi:10.1103/RevModPhys.29.454](https://doi.org/10.1103/RevModPhys.29.454).
3. Bohm D. A Suggested Interpretation of the Quantum Theory in Terms of “Hidden” Variables I and II. *Physical Review*. 1952;85:166–193. [Part I](#); [Part II](#).
4. Bell J. S. On the Einstein Podolsky Rosen Paradox. *Physics Physique Fizika*. 1964;1:195–200. [doi:10.1103/PhysicsPhysiqueFizika.1.195](https://doi.org/10.1103/PhysicsPhysiqueFizika.1.195).
5. Kochen S., Specker E. P. The Problem of Hidden Variables in Quantum Mechanics. *Journal of Mathematics and Mechanics*. 1967;17:59–87. [doi:10.1512/iumj.1968.17.17004](https://doi.org/10.1512/iumj.1968.17.17004).
6. Schlosshauer M. Decoherence, the Measurement Problem, and Interpretations of Quantum Mechanics. *Reviews of Modern Physics*. 2005;76:1267–1305. [doi:10.1103/RevModPhys.76.1267](https://doi.org/10.1103/RevModPhys.76.1267).
7. Maudlin T. Three Measurement Problems. *Topoi*. 1995;14:7–15. [doi:10.1007/BF00763473](https://doi.org/10.1007/BF00763473).
8. Bell J. S. *Speakable and Unsayable in Quantum Mechanics*. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press; 2004. [Publisher](#).
9. Robertson H. P. The Uncertainty Principle. *Physical Review*. 1929;34:163–164. [doi:10.1103/PhysRev.34.163](https://doi.org/10.1103/PhysRev.34.163).

10. Joos E., Zeh H. D. The Emergence of Classical Properties Through Interaction with the Environment. *Zeitschrift für Physik B*. 1985;59:223-243. [doi:10.1007/BF01725541](https://doi.org/10.1007/BF01725541).
11. Zurek W. H. Decoherence, Einselection, and the Quantum Origins of the Classical. *Reviews of Modern Physics*. 2003;75:715-775. [doi:10.1103/RevModPhys.75.715](https://doi.org/10.1103/RevModPhys.75.715).
12. Ollivier H., Poulin D., Zurek W. H. Objective Properties from Subjective Quantum States Environment as a Witness. *Physical Review Letters*. 2004;93:220401. [doi:10.1103/PhysRevLett.93.220401](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.93.220401).
13. Adler S. L. Why Decoherence Has Not Solved the Measurement Problem. *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*. 2003;34:135-142. [doi:10.1016/S1355-2198\(02\)00086-2](https://doi.org/10.1016/S1355-2198(02)00086-2).
14. Wallace D. *The Emergent Multiverse Quantum Theory According to the Everett Interpretation*. Oxford: Oxford University Press; 2012. [doi:10.1093/acprof:oso/9780199546961.001.0001](https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199546961.001.0001).
15. Dürr D., Goldstein S., Zanghì N. *Quantum Physics Without Quantum Philosophy*. Berlin: Springer; 2013. [doi:10.1007/978-3-642-30690-7](https://doi.org/10.1007/978-3-642-30690-7).
16. Ghirardi G. C., Rimini A., Weber T. Unified Dynamics for Microscopic and Macroscopic Systems. *Physical Review D*. 1986;34:470-491. [doi:10.1103/PhysRevD.34.470](https://doi.org/10.1103/PhysRevD.34.470).
17. Bassi A., Lochan K., Satin S., Singh T. P., Ulbricht H. Models of Wave-Function Collapse Underlying Theories and Experimental Tests. *Reviews of Modern Physics*. 2013;85:471-527. [doi:10.1103/RevModPhys.85.471](https://doi.org/10.1103/RevModPhys.85.471).
18. Bajoni D., Nicrosini O., Rimini A., Rodini S. Collapse Dynamics and Hilbert-Space Stochastic Processes. *Scientific Reports*. 2021;11:22179. [doi:10.1038/s41598-021-00737-1](https://doi.org/10.1038/s41598-021-00737-1).
19. Cirel'son B. S. Quantum Generalizations of Bell's Inequality. *Letters in Mathematical Physics*. 1980;4:93-100. [doi:10.1007/BF00417500](https://doi.org/10.1007/BF00417500).
20. Hensen B. et al. Loophole-Free Bell Inequality Violation Using Electron Spins Separated by 1.3 Kilometres. *Nature*. 2015;526:682-686. [doi:10.1038/nature15759](https://doi.org/10.1038/nature15759).
21. Giustina M. et al. Significant-Loophole-Free Test of Bell's Theorem with Entangled Photons. *Physical Review Letters*. 2015;115:250401. [doi:10.1103/PhysRevLett.115.250401](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.115.250401).
22. Shalm L. K. et al. Strong Loophole-Free Test of Local Realism. *Physical Review Letters*. 2015;115:250402. [doi:10.1103/PhysRevLett.115.250402](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.115.250402).
23. Карпов С. А. Цифровой апейронизм: концептуальная модель самовиртуализирующегося Универсума, квантовой реальности и внемировой непрерывности сознания. *арХиворг.ру: российский открытый архив препринтов*. 2026. Опубликовано 19.08.2026. Идентификатор AX-135686. [URL](https://arxiv.org/abs/2026.0819) (дата обращения: 12.09.2026).
24. Zurek W. H. Quantum Darwinism. *Nature Physics*. 2009;5:181-188. [doi:10.1038/nphys1202](https://doi.org/10.1038/nphys1202).
25. Ghirardi G. C., Rimini A., Weber T. A General Argument Against Superluminal Transmission Through the Quantum Mechanical Measurement Process. *Lettere al Nuovo Cimento*. 1980;27:293-298. [doi:10.1007/BF02817189](https://doi.org/10.1007/BF02817189).
26. Deutsch D. Quantum Theory of Probability and Decisions. *Proceedings of the Royal Society A*. 1999;455:3129-3137. [doi:10.1098/rspa.1999.0443](https://doi.org/10.1098/rspa.1999.0443).