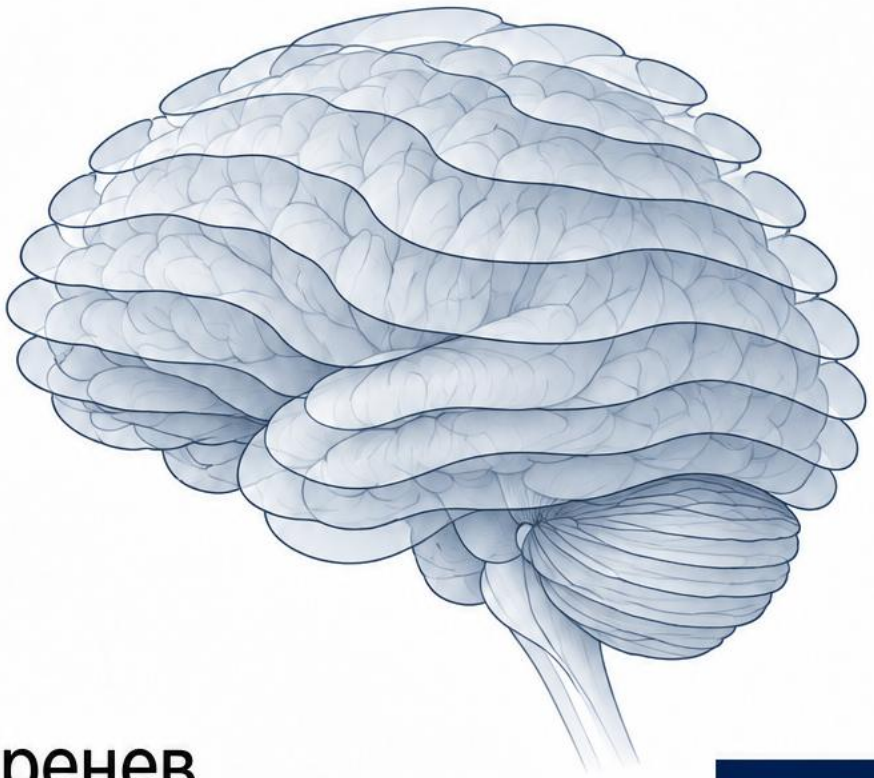
Квантовая природа сознания



Евгений Бренев
Мира Вейран

Квантовая природа сознания

Научно-популярная книга

Евгений Бренев

Мира Вейран

2026

Содержание

Предисловие 4
Пролог 6

Часть первая. Переживание и его границы 9

Глава 1. Мозг и граница наблюдателя 9
Глава 2. Что меняется при квантовом описании 17
Глава 3. Где искать того, кто переживает 25
Глава 4. Старые вопросы в проверяемой форме 32

Часть вторая. Физика живой системы 39

Глава 5. Квантовые процессы в тёплом мире 39
Глава 6. Сколько времени живёт связь 46
Глава 7. Микротрубочки под светом 53
Глава 8. Наблюдатель без человека 61

Часть третья. Теории и сопротивление фактов 68

Глава 9. Предложение Пенроуза и Хамероффа 68
Глава 10. Ядерные спины и возможная память 74
Глава 11. Что анестезия делает с вопросом о сознании 81
Глава 12. Когда теория встречает конкурента 88

Часть четвёртая. Гипотеза избирательного интерфейса 95

Глава 13. Откуда мог бы приходить вклад 95
Глава 14. Как возникает отдельное «я» 103
Глава 15. Память по обе стороны границы 110
Глава 16. Тело как условие конкретного опыта 117

Часть пятая. Что может решить эксперимент 124

Глава 17. Опыт, который различает объяснения 124
Глава 18. Искусственный субъект и проект Мира 132
Глава 19. Пределы непрерывности 140
Глава 20. Какой ответ мы готовы принять 147
Математическое приложение 153
Словарь понятий 159
Источники 162

Предисловие

У каждого описания человека есть внешняя сторона. Можно измерить температуру тела, записать электрическую активность мозга, проследить движение глаз. Но ни одна такая запись сама по себе не передаёт, как ощущается боль, почему знакомый голос вызывает тепло и что значит присутствовать в собственной жизни. Сознание делает этот разрыв непосредственным: о мире известно благодаря переживанию, а природу самого переживания ещё приходится объяснять.

«Квантовая природа сознания» исследует предположение о том, что мозг участвует в более широкой физической организации опыта. Организм может быть избирательным интерфейсом, через который более фундаментальные процессы приобретают форму отдельного человеческого присутствия. Слово «может» здесь существенно. Книга развивает гипотезу и выясняет, как её можно проверить; установленного факта существования сознания вне тела в её основании нет.

Образ тела как аватара привлекателен своей ясностью. Он позволяет представить связь между человеком и реальностью иначе, чем связь между устройством и произведённым им результатом. Однако в этом образе скрыта трудность. У аватара предполагается владелец, который уже знает, чего хочет, помнит своё прошлое и сохраняет индивидуальность. Объяснение сознания только начинается там, где приходится спросить, откуда взялся такой владелец. Поэтому центральной темой станет совместное формирование личности: возможное фундаментальное основание опыта и конкретное человеческое «я» не будут заранее объявлены одним и тем же.

Путь начинается с простых различий. Переживание, способность ответить, память о событии и представление о себе связаны, но исследуются разными способами. Затем появляется квантовая физика — язык состояний, вероятностей, взаимодействий и ограничений. Позже этот язык встречается с биологией: белками, спинами, анестезией и деятельностью нервной системы. Только после этого становится возможным построить собственную модель и спросить, какое наблюдение могло бы изменить её судьбу.

Текст рассчитан на чтение без предварительной подготовки по физике. Уравнения сопровождаются объяснениями, а подробности расчёта вынесены в математическое приложение. Их назначение — связывать идеи с величинами, которые в принципе можно определить. Формула становится полезной, когда позволяет увидеть зависимость или обнаружить противоречие. Сама по себе математическая запись не превращает предположение в факт.

Результаты конкретных исследований отмечены ссылками в квадратных скобках. В списке источников указаны публикации и адреса, по которым их можно найти. Теоретические предложения отделяются от

наблюдений; препринт обозначается как препринт. Мысленные ситуации служат для выяснения следствий и не выдаются за проведённые эксперименты. Названия авторских гипотез вводятся как рабочие обозначения, без утверждения, что у сходных идей не было предшественников.

Философия и теология сохраняют значение там, где ставят вопросы о первичности опыта, единстве мира и продолжении личности. Переход к научному исследованию требует дополнить эти вопросы устройством механизма и условиями проверки. Поэтому здесь рассматривается и возможность неудачи: внешний носитель может не обнаружиться, выбранный квантовый процесс может оказаться биологически несущественным, а удачная физическая модель может ещё не объяснять, почему вообще существует переживание.

Эта открытость не отменяет замысла. Она позволяет придать ему определённость. Если человеческое тело действительно участвует в связи с более фундаментальной основой сознания, у такой связи должны быть свойства. Если индивидуальность возникает на границе организма и этой основы, должны существовать условия её возникновения. Научное содержание идеи начинается с попытки назвать эти свойства и условия достаточно точно, чтобы их можно было исследовать.

Пролог

Откуда возникает присутствие

Комната в конце дня. На столе стоит чашка, за окном проезжает машина. Слышен звук, на краю стола заметен свет. Среди привычных ощущений неожиданно возникает вопрос о том, кто всё это замечает.

Обычно этот вопрос растворяется в следующем действии. Нужно ответить на сообщение, закрыть окно, закончить работу. Сейчас попробуем задержаться.

Существуют доступные внешнему наблюдателю события: движение воздуха, свет, изменения в живой ткани. И существует то, как происходящее ощущается изнутри опыта. Шум машины может раздражать, тишина может приносить облегчение, свет может напомнить вечер из детства. Физическое описание и переживание относятся к одному происходящему, но предъявляются нам по-разному.

Вопрос о сознании возникает в этом различии. Мы хотим понять, как мир становится переживаемым и почему переживание имеет определённую точку зрения. Почему происходящее дано именно этому человеку, с его памятью и ощущением собственного присутствия?

Самая привычная исследовательская стратегия начинает с мозга. Она имеет серьёзные основания: изменения его работы связаны с изменением бодрствования, поведения и содержания восприятия. Более того, исследователи могут вмешиваться в мозговые процессы и наблюдать последствия. Мы подробно рассмотрим такие исследования. [2, 3, 15]

Но от описания этих зависимостей до объяснения субъективного опыта остаётся отдельный шаг. Одни исследователи ожидают, что его позволит сделать достаточно полная теория нейронной организации. Другие ищут более глубокий уровень описания. Эта книга посвящена возможности, что в отношениях мозга и переживания есть пока неучтённое звено.

Представим радиоприёмник. Меняя его устройство, можно изменить громкость, качество звука и доступные станции. Разрушение аппарата прекращает звучание в комнате. При этом источник передачи может продолжать работать в другом месте.

Аналогия привлекательна потому, что разделяет источник и устройство доступа. Она напоминает: зависимость результата от прибора сама по себе не сообщает, где возникло передаваемое содержание. Но у радиосвязи есть то, чего у нашей гипотезы пока нет. Передатчик можно найти. Сигнал можно измерить независимо от приёмника. Можно определить частоту, задержку и способ кодирования.

Между сравнением мозга с приёмником и физической теорией лежит именно эта работа. Потребуется найти аналог сигнала, описать связь и

сформулировать проверяемые предсказания, которые отличают новую модель от уже существующих нейрофизиологических объяснений.

Возможно, само сравнение окажется слишком грубым. Приёмник предполагает готовую передачу. А если человек не получает из внешнего мира законченный поток сознания? Если конкретное «я» возникает только во взаимодействии более фундаментального процесса с памятью, телом и мозгом?

Тогда тело приобретает другую роль. Оно задаёт место, из которого доступен мир, различает собственные действия и внешние события, сохраняет историю встреч. Даже в гипотезе более широкого основания сознания эти функции нельзя считать несущественной оболочкой. Через них определяется, каким именно будет опыт.

Одно из направлений такого поиска связано с квантовой физикой. В существующих гипотезах о мозге рассматриваются конкретные носители — спины атомных ядер и состояния белковых структур. Нас будет интересовать, могут ли их свойства дать проверяемый механизм взаимодействия, которого пока недостаёт образу приёмника. [4, 7]

Квантовая физика описывает свойства материи, которые не всегда можно представить как движение маленьких привычных предметов. В её языке есть суперпозиции, вероятностные результаты измерений и корреляции между частями составной системы. Эти понятия дают мощные средства описания природы. Однако ни одно из них само по себе не обозначает душу или личность. [14]

Мы не можем решить проблему сознания, просто переименовав неизвестное в квантовое. Если предполагается особый квантовый механизм, придётся указать физические состояния, время их существования и способ влияния на работу мозга. Если утверждается существование сознания вне организма, понадобится ещё один шаг: объяснить, почему обнаруженный механизм относится к переживанию и почему его источник следует искать за пределами тела.

Так возникает несколько разных вопросов. Может ли мозг использовать определённые квантовые процессы? Играют ли они причинную роль в состояниях, связанных с сознанием? Есть ли более фундаментальное основание самого переживания? Может ли что-либо, имеющее отношение к личности, существовать независимо от данного организма?

Каждый следующий вопрос требует дополнительного обоснования. Успех на одном этапе не отвечает автоматически на остальные.

Это не делает поиск бесплодным. Напротив, появляются задачи, которые можно решить по отдельности. Можно проверить физический механизм. Можно уточнить границы нейронной модели. Можно показать, что предложенная связь слишком слаба для ожидаемого эффекта. Такое ограничение тоже изменяет наше знание.

Хорошая гипотеза позволяет миру с ней не согласиться. Если она заранее совместима с любым результатом, исследование не приблизит нас к ответу. Поэтому мы будем искать наблюдения, после которых собственную идею придётся пересмотреть.

Вернёмся в комнату. Машина уже проехала. Чашка всё ещё на столе. Никакого нового прибора здесь не появилось, а вопрос стал точнее. Нас интересует, какие отношения между физическими процессами делают возможным это конкретное присутствие.

Начнём с ближайшего доступного нам участника этих отношений. С мозга.

Часть первая

Переживание и его границы

Глава 1

Мозг и граница наблюдателя

Когда мы говорим «сознание», в разговор часто попадает сразу несколько разных вещей. Человек бодрствует. Он различает предметы. Он ощущает боль. Он знает своё имя. Он замечает собственную ошибку. Эти способности связаны, но различия между ними важны для любого исследования.

В этой книге под субъективным опытом мы будем понимать наличие переживания: для системы происходящее каким-то образом ощущается. Квалиа — слово для качественной стороны такого опыта, например переживания цвета или вкуса. Самосознанием будем называть формы представления себя как участника происходящего. Рефлексией — обращение к собственным мыслям, решениям и основаниям действия.

Это рабочие определения, которые используются далее. Они помогают не требовать от каждого сознательного состояния развитого рассказа о себе и не принимать любой рассказ о себе за прямое доказательство переживания.

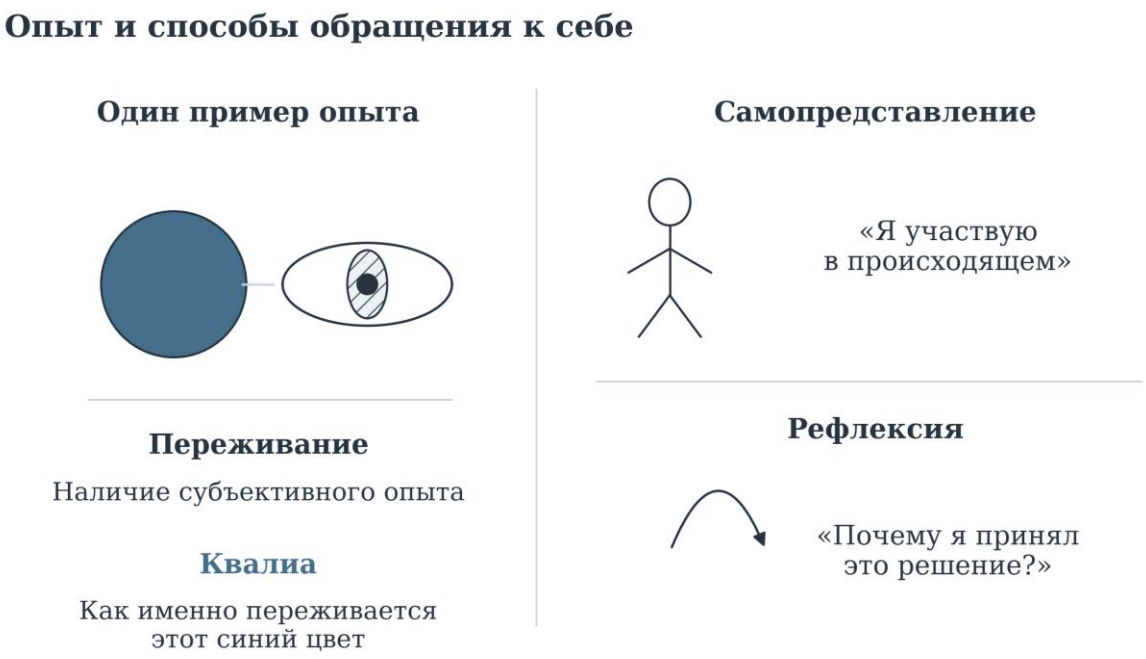


Рисунок 1. Рабочие различия книги. Квалиа обозначают качественную сторону переживания; самопредставление и рефлексия относятся к различным способам обращения системы к себе. Схема не задаёт лестницу развития сознания.

Тот же принцип нужен при изучении искусственных систем. Программа может описывать свои состояния, исправлять ошибки и вести подробную автобиографию. Эти возможности доступны наблюдению. Вопрос о наличии у неё переживания требует отдельного обоснования. Проект Мира будет обсуждаться в книге как исследовательский контекст для моделей памяти, самопредставления и рефлексии. Само имя проекта или сложность его поведения не решают вопрос о квалиа.

Переживание и его следы

У исследователя нет прибора, который показывал бы чужое переживание в том же смысле, в каком термометр показывает температуру. Есть рассказы, действия, физиологические показатели и способы сопоставлять их между собой. При этом каждый способ может давать сбой.

Отсутствие ответа во время опыта может означать отсутствие переживания. Но человек также может не слышать обращение, не понимать задание или не иметь возможности двигаться. Отсутствие рассказа после восстановления бодрствования допускает ещё одно объяснение: переживание могло не сохраниться в памяти. Эти варианты предъявляют разные требования к эксперименту.

В исследовании Симоне Сарассо и коллег у восемнадцати добровольцев изучали ответ мозга на магнитную стимуляцию при действии разных анестетиков. После кетамина участники рассказывали о ярких сновидных переживаниях, хотя во время исследования внешне не отвечали. При кетамине вызванная мозговая активность сохраняла сложную, похожую на бодрствование структуру; при пропофоле и ксеноне её сложность была ниже. [2]

Этот результат важен для нашей темы: отсутствие поведенческого ответа недостаточно для уверенного вывода об отсутствии опыта. При этом рассказ после пробуждения не даёт непрерывной записи того, что происходило в каждую секунду. Исследователь должен учитывать одновременно состояние мозга, возможность ответа и память.

Гипотезе интерфейса также предстоит объяснить эти различия. Ей нужно предсказать, какие свойства предполагаемого механизма меняются при действии разных веществ, и указать независимый показатель, по которому можно проверить прогноз.

Что мозг уже заставляет нас признать

Можно представить сознание отдельным от организма и при этом признать, что человеческий опыт сильно зависит от мозга. Логического противоречия здесь нет. Но научный вопрос касается точности этой зависимости.

В опытах Андре Бастоса и коллег стимуляция центрального таламуса у двух макак на фоне продолжающегося введения пропофола восстанавливала признаки бодрствования и меняла часть нейронной динамики. Это причинное вмешательство: исследователи воздействовали на определённую систему и регистрировали последствия. Оно не даёт прямого доступа к субъективному опыту животного, но ограничивает возможные объяснения состояния. [3]

Если мозг является интерфейсом, почему именно такое вмешательство меняет его работу? Что происходит со связью? Как это связано с изменением нейронной активности? Слова «антенна включилась» недостаточно, пока не указаны механизм и измерение.

Ещё более требовательны данные о содержании восприятия. В клиническом исследовании Джозефа Парвизи и коллег электрическая стимуляция определённых областей веретенообразной извилины у одного пациента искажала воспринимаемый вид реальных лиц. Сопоставимые изменения не возникали при ложной стимуляции или воздействии через соседние неспециализированные электроды. [15]

Этот результат показывает, насколько конкретным бывает требование к модели. Нужно объяснить связь между местом вмешательства и определённой стороной опыта.

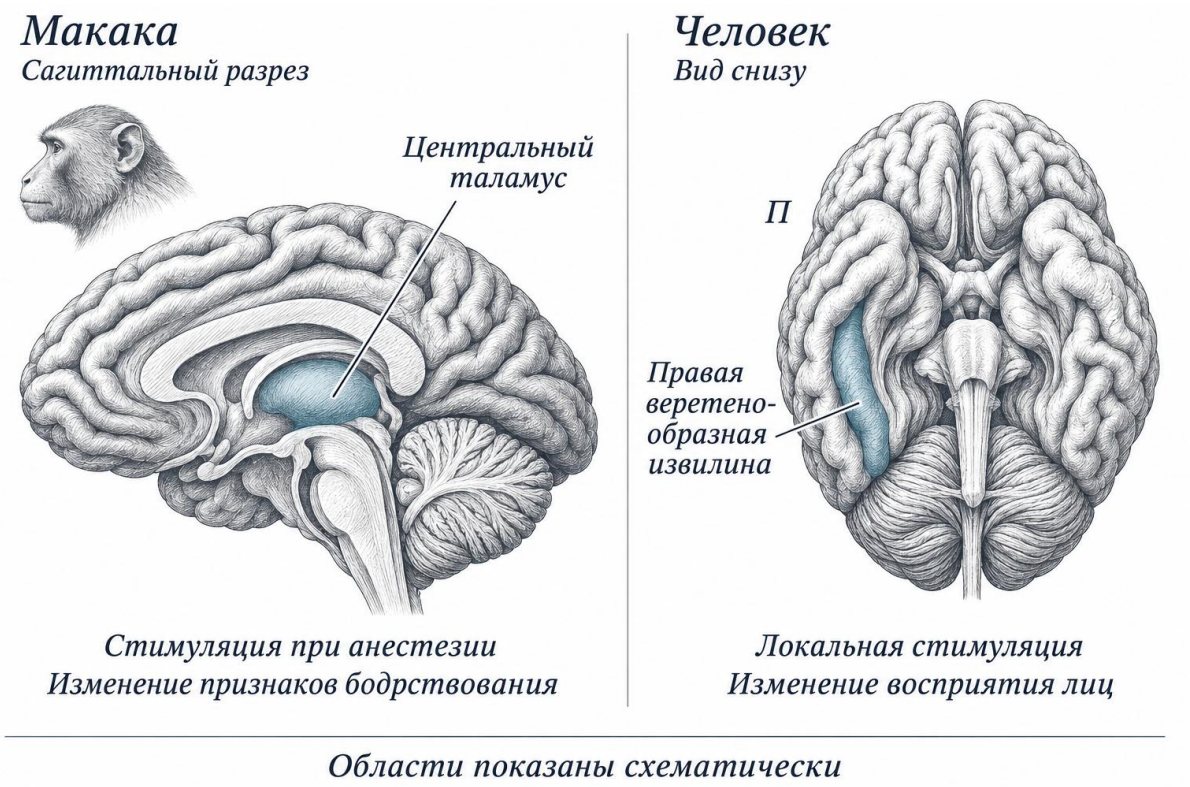


Рисунок 2. Разные вмешательства затрагивают разные наблюдаемые функции. Слева — анатомический ориентир центральной области таламуса макаки: стимуляция при анестезии меняла поведенческие признаки бодрствования [3]. Справа — ориентир правой веретенообразной извилины человека: локальная стимуляция изменяла восприятие лиц [15]. Области показаны схематически; рисунок не является картой точек стимуляции и не обозначает единственный центр сознания.

Гипотеза интерфейса допускает, что повреждение или стимуляция мозга меняют преобразование более фундаментального процесса. Однако такого объяснения недостаточно без собственного прогноза. Если любой результат задним числом объясняется перенастройкой интерфейса, модель перестаёт различать ожидаемое и неожиданное.

Поэтому нейрофизиология должна войти в нашу гипотезу как набор обязательств. Понадобится объяснить, почему разные вмешательства имеют разные последствия, почему возникает определённое содержание и почему изменение организма не выглядит произвольным переключением между бесчисленными чужими личностями.

Мы также не должны ослаблять альтернативу. Сравнивать свою гипотезу надо с содержательной нейронной моделью, способной учиться, сохранять память, менять состояние и взаимодействовать с окружающей средой. Победа над карикатурой на такую модель ничего не скажет о природе сознания.

Что означает слово «вне»

Предложение «сознание находится вне мозга» допускает несколько существенно разных прочтений.

В первом случае речь идёт об обычном физическом пространстве. Где-то вне организма предполагается носитель, который взаимодействует с ним. Тогда у гипотезы появляются вопросы о распространении воздействия, его интенсивности, задержках и способе независимого обнаружения. Новое поле или новый канал взаимодействия нельзя ввести только названием.

Во втором случае речь идёт о квантовом описании составной системы. Её общее состояние может содержать корреляции, которые не сводятся к независимому описанию частей. Однако математическое разделение на подсистемы ещё не говорит, где находится субъект. Наличие запутанности также не предоставляет управляемую сверхсветовую связь. Для передачи сообщения требуется физически допустимый канал. [14]

В третьем случае «вне» означает онтологическую первичность. Предполагается, что переживание или возможность переживания относится к фундаментальным свойствам реальности. Это утверждение может вообще не подразумевать отдельное место, где находится готовый наблюдатель.

Такие версии нельзя незаметно заменять одну другой. Пространственно внешний носитель, неклассические корреляции и первичность сознания предъявляют разные требования к объяснению. Если эксперимент проверяет оптический процесс в белке, его результат нельзя без дополнительных доводов переносить на существование личности вне организма.

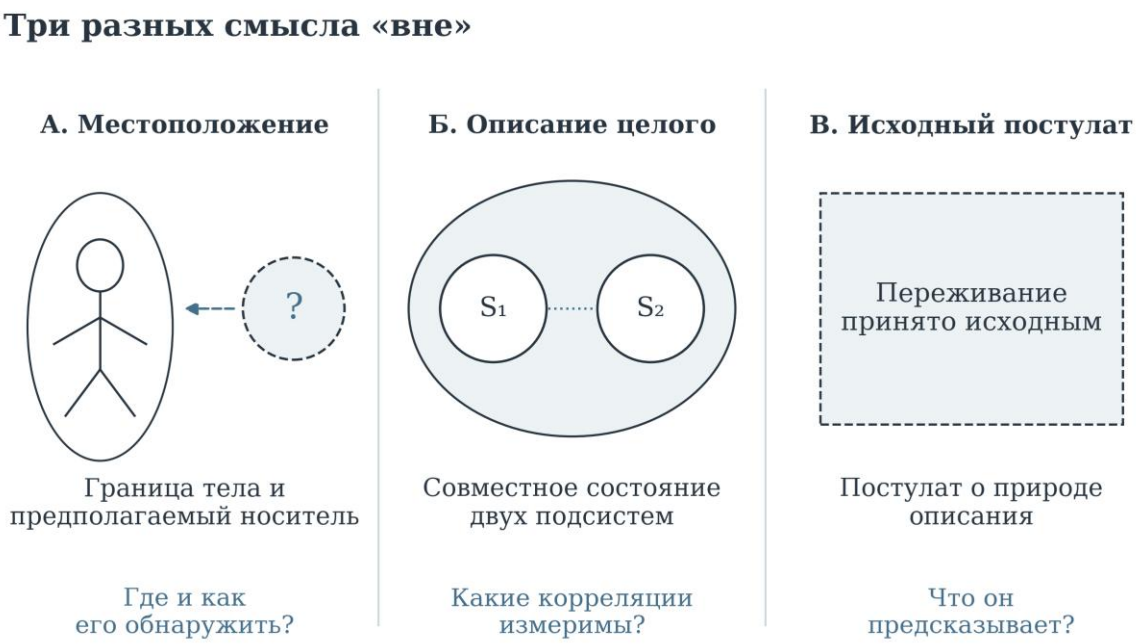


Рисунок 3. Три разных смысла «вне». Пространственное расположение, описание составной системы и онтологическая первичность требуют разных аргументов и не подтверждают друг друга автоматически.

Для книги мы выберем наиболее конкретный маршрут. Сначала рассмотрим физические механизмы и их связь с работой мозга. Затем спросим, требуют ли данные более широкой системы. Только после этого вернёмся к вопросу о фундаментальном статусе переживания.

Почему слово «аватар» требует уточнения

Образ аватара кажется понятным: есть пользователь, а есть его представительство в другой среде. Но применительно к человеку этот образ незаметно предполагает наличие готового пользователя. У него уже должны быть память, намерения и собственная точка зрения.

Именно это нам ещё предстоит объяснить.

Если первичное сознание ещё до связи с телом обладает памятью и личной историей, гипотеза должна объяснить их происхождение и способ хранения. Если оно не имеет человеческой памяти и характера, тело участвует в формировании личности гораздо глубже, чем предполагает обычный образ управляемой фигурки.

Мы предлагаем начать со второй возможности. Допустим, существует более фундаментальное основание переживания. Конкретный субъект может возникать при его связи с системой, которая различает собственное состояние и мир, удерживает историю и направляет действия. Тогда индивидуальность определяется организацией взаимодействия.

Это наша рабочая гипотеза совместного формирования личности. Она совместима с центральным замыслом книги, но вносит существенное ограничение: из существования общего основания ещё не следует сохранение отдельного человека после разрушения организма.

Чтобы обсуждать сохранение личности, понадобятся дополнительные условия. Должны сохраняться различия, благодаря которым этот человек отличается от другого, порядок его воспоминаний и способ продолжения опыта. Общая информация о том, что организм когда-то существовал, этих условий не обеспечивает.

В дальнейшем мы будем сравнивать две версии интерфейсной идеи. В одной личность целиком задана вне тела, а организм обеспечивает доступ. В другой индивидуальность формируется совместно и существенно зависит от организма. Их нельзя объявить эквивалентными, поскольку они по-разному отвечают на вопросы о развитии, памяти и нарушении функций мозга.

Зачем здесь квантовая физика

Можно сформулировать модель внешнего источника вообще без квантовых слов. Поэтому квантовая часть должна получить самостоятельное обоснование.

Нужно определить конкретный носитель: например, определённые электронные состояния или ядерные спины. Затем исследовать взаимодействия, время сохранения нужных свойств и путь влияния на биохимию. Наконец, требуется показать, что рассматриваемое явление не исчерпывается подходящей классической моделью.

Такой способ рассуждения встречается в существующих исследовательских программах. Мэтью Фишер предложил рассмотреть ядерные спины фосфора и предполагаемые кальций-фосфатные структуры как возможные элементы квантовой обработки в мозге. Ценность этой идеи состоит, в частности, в наборе конкретных физических и химических вопросов. Само предложение не демонстрирует работающую квантовую память мозга. [7, 8]

У Стюарта Хамероффа и Роджера Пенроуза другой механизм: теория Orch OR связывает предполагаемые квантовые процессы в микротрубочках с объективной редукцией состояния. Это отдельная программа со своими физическими постулатами. Её нельзя считать установленной теорией сознания или готовым подтверждением мозга как приёмника. [4, 5, 6]

В нашей книге эти идеи будут собеседниками. Мы разберём, что они предполагают и какие результаты способны изменить их оценку. После этого определим, какие элементы можно включить в собственную модель и какие выводы из них не следуют.

Исследование должно иметь возможность закончиться неудачей

Предположим, мы выбрали физический носитель и рассчитали, что его связь с мозгом должна давать определённый эффект. Эксперимент не обнаружил эффекта в диапазоне, где метод был достаточно чувствительным.

Это повод ограничить или отвергнуть выбранную версию. Если каждый раз менять носитель, силу связи и условия проявления уже после знакомства с результатом, отрицательного ответа не получится никогда.

Научная работа с сознанием сегодня включает попытки заранее согласовать такие различия. В исследовании консорциума Cogitate, опубликованном в 2025 году, сторонники теории интегрированной информации (IIT) и теории глобального нейронного рабочего пространства (GNWT) участвовали в формулировке предсказаний до проверки. Результаты у 256 участников поддержали часть ожиданий и поставили под вопрос важные предсказания обеих теорий. [1]

Для нашей книги это полезный образец исследовательской смелости. Свою гипотезу можно защищать, одновременно заранее определив обстоятельства, при которых от неё придётся отступить.

Первая граница уже ясна. Мы располагаем убедительными основаниями изучать мозг как причинно значимую часть человеческого сознания. Возможность более фундаментального основания остаётся вопросом. Для перехода между ними понадобится обнаружить дополнительный механизм и объяснить его отношение к переживанию.

Следующая глава начнётся с того, что часто скрывается за словом «квантовый»: что именно отличает квантовое состояние от привычного описания, как оно взаимодействует с окружением и почему эти различия могут иметь значение для живой системы.

Глава 2

Что меняется при квантовом описании

В обычной комнате вещи кажутся обладателями заранее определённых свойств. Чашка стоит на столе, лампа выключена, книга открыта на одной странице. Незнание наблюдателя не мешает предметам находиться в каком-то состоянии. Если спрятать монету под ладонью, неопределённость касается того, какой стороной она лежит. Сама монета при этом не обязана ждать взгляда, чтобы получить сторону.

Такой образ настолько привычен, что незаметно становится универсальной моделью действительности. Квантовую теорию тоже хочется перевести на этот язык: частица якобы представляет собой маленький предмет, о котором пока известно недостаточно. Однако в квантовом описании меняется не только объём сведений. Меняются правила, связывающие подготовку системы, возможные вмешательства и распределение результатов. Именно эти правила предстоит понять прежде, чем искать в них объяснение сознания.

Состояние как набор возможностей

Физическое состояние удобно понимать через вопрос о том, какие различия оно позволяет обнаружить. Если два способа подготовки при любых допустимых измерениях дают одинаковые распределения результатов, в выбранном описании они неразличимы. Если найдётся измерение, которое различает их статистику, состояния различаются. Это делает слово «состояние» рабочим понятием, а не обещанием показать скрытую сущность предмета.

Для простейшей квантовой системы выбирают два состояния, которые подходящее измерение различает безошибочно, и обозначают их символами 0 и 1. Они образуют базис — набор опорных состояний, через который можно выразить любое чистое состояние этой системы. Ими могут быть выбранные состояния спина или поляризации света. Чистое состояние записывается в виде суперпозиции:

$$|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle, |\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1.$$

Здесь ψ обозначает состояние, а α и β — комплексные амплитуды. Вертикальные черты и угловые скобки входят в принятое обозначение векторов состояний. При измерении в выбранном базисе вероятности исходов 0 и 1 равны квадратам модулей соответствующих амплитуд. Это частный случай правила Борна. [14]

Амплитуда отличается от обычной вероятности наличием фазы. Для вероятности важно, насколько часто появляется результат. Для

амплитуды важно ещё и то, как она складывается с другой амплитудой. Поэтому две системы с одинаковыми вероятностями одного измерения могут вести себя по-разному при другом измерении. Квантовое состояние нельзя полностью описать одной таблицей ответов на один вопрос.

Пока никакого сознания в этой записи нет. Она применима к системам, которым не приписывается способность чувствовать. Содержание формулы определяется физической подготовкой и измерением, а не тем, насколько загадочным кажется предмет исследования.

Почему суперпозиция не равна незнанию

Представим два способа подготовки. В первом случае устройство случайно выбирает состояние 0 или состояние 1, причём каждое встречается в половине запусков. Во втором оно всякий раз готовит одно и то же состояние с равными амплитудами двух вариантов. Измерение, различающее только 0 и 1, в обоих случаях даст одинаковую статистику. Но это ещё не означает, что подготовлены одинаковые физические состояния.

У второго способа есть определённое отношение фаз. Подходящее преобразование перед измерением позволяет превратить это отношение в различие вероятностей. Для случайной смеси такой определённости нет. Разницу выявляют по результатам последовательности физических операций. [14]

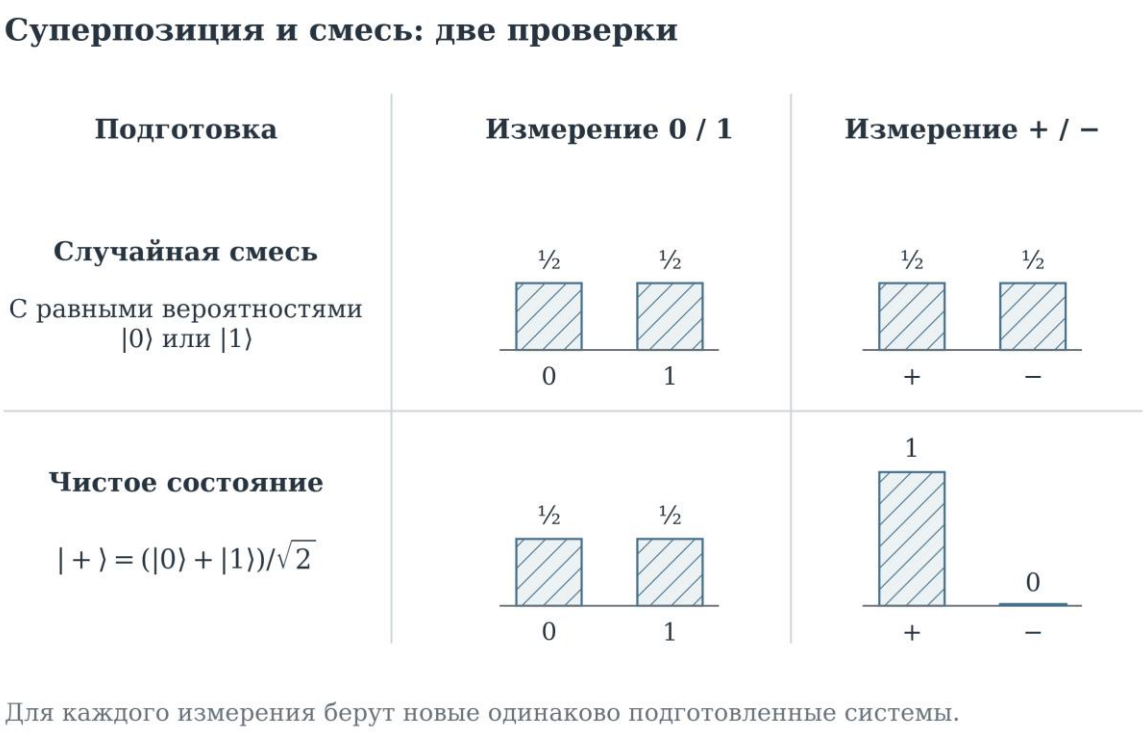


Рисунок 4. Учебный пример: две подготовки дают одинаковые вероятности при одном измерении, но различаются при другом. Числа вычислены для выбранных идеальных состояний и не являются экспериментальными данными мозга.

Полезно вообразить две волны на поверхности воды. В одной точке их подъёмы совпадают, в другой подъём встречается со спадом. Получившаяся картина зависит от относительного сдвига. Эта аналогия передаёт роль фазы, но не делает квантовый объект обычной водяной волной. Она лишь помогает понять, почему сложение амплитуд в квантовом расчёте отличается от простого сложения вероятностей.

Отсюда следует важное ограничение языка. Фраза «мозг одновременно обрабатывает несколько вариантов» ещё ничего не говорит о квантовой суперпозиции. Обычная вычислительная система тоже может поддерживать несколько конкурирующих решений. Для квантового утверждения необходимо указать физические состояния и операцию, которая обнаружит именно фазовые отношения между ними.

Столь же недостаточно назвать мысль неопределённой. Неуверенность человека может быть описана классическими вероятностями. Совпадение слов «вероятность», «выбор» и «неопределённость» в психологии и физике не устанавливает тождества механизмов.

Измерение оставляет физический след

Измерительный прибор должен по-разному изменяться в зависимости от исследуемой системы. Иначе его показание ничего о ней не сообщит. Для регистрации света требуется взаимодействие света с веществом;

для определения магнитных свойств требуется соответствующая связь с полем или другим чувствительным устройством. Наблюдение начинается с физического различения.

В квантовом описании такое взаимодействие может связать систему с прибором, а затем с окружением. Разные альтернативы оставляют разные следы. Если эти следы становятся практически недоступными совместному контролю, наблюдаемая интерференция может исчезать. Для этого никто не обязан читать экран. Существенно устройство взаимодействия, а не последующее осознание результата человеком. [14]

Но было бы столь же поспешно объявить, что этим уже решены все вопросы измерения. Теория позволяет вычислять наблюдаемые вероятности и развитие составных состояний. Вопрос о том, как понимать единственный зарегистрированный исход и статус остальных альтернатив, допускает разные интерпретационные подходы. Их различие нельзя незаметно подменять утверждением, будто эксперимент уже установил решающую роль человеческого сознания.

Для книги эта граница полезна. Она освобождает исследование сознания от необходимости строиться на двусмысленности слова «наблюдатель». Физический наблюдатель может означать систему регистрации. Субъект опыта означает того, для кого что-либо переживается. Это разные роли, даже если в конкретной лаборатории человек выполняет обе.

Как описать часть общей системы

Любое исследование выделяет систему из окружения. В одном случае системой служит электрон, в другом — молекула, клетка или сеть нейронов. Выбор зависит от вопроса. Он не означает, что выделенная часть действительно перестала взаимодействовать с остальной природой.

Если две части находятся в запутанном состоянии, описание каждой по отдельности не содержит всей информации об их совместных корреляциях. Чтобы описать одну часть, из общего состояния получают редуцированное состояние: оно позволяет предсказывать результаты измерений только в этой части, без отдельного описания другой. Математическая операция такого перехода называется частичным следом. Локальное состояние может оказаться смешанным, хотя состояние целого чистое. [14]



Рисунок 5. Состояние подсистемы получают из состояния целого частичным следом. Локальные описания в общем случае не содержат всех совместных корреляций. Схема поясняет физическое описание; единство переживания требует отдельного объяснения.

Здесь возникает соблазн сразу поместить сознание в «целое». Кажется, будто несводимость совместных корреляций автоматически объясняет единство переживания. Однако это два разных вопроса. Корреляции показывают, как связана статистика измерений. Единство переживания касается того, почему определённые события даны одному субъекту. Между ними пока требуется содержательное соответствие.

Если утверждается, что сознание принадлежит широкой составной системе, надо определить её границу. Какие взаимодействия включают процесс в субъект, а какие просто связывают его с окружением? Почему переживание не распространяется без различий на все предметы, причинно связанные с телом? Как изменение связи должно изменить наблюдаемые свойства опыта? Без ответов слово «целое» лишь переносит неопределённость на больший масштаб.

Такие вопросы не запрещают расширять границу системы. Они делают расширение осмысленным. Если для объяснения данных действительно понадобится учитывать ранее пропущенную подсистему, это будет физический результат. Но принадлежность этой подсистемы субъекту потребует ещё одного аргумента.

От физической информации к её смыслу

В разговоре о сознании словом «информация» часто называют всё сразу: физическое различие, записанный знак, сообщение и значение сообщения. Между тем одна и та же последовательность знаков может быть понятна одному человеку и ничего не сообщать другому. Физический носитель при этом остаётся тем же. Значение зависит от правил использования и от истории системы, которая воспринимает запись.

В квантовой теории информации рассматриваются, в частности, различимость состояний и возможности передачи, преобразования и хранения этих состояний. Такой анализ позволяет определить, что доступно получателю через данный канал. Он сам по себе не приписывает получателю понимание или переживание. Поэтому выражение «сознание является квантовой информацией» требует дополнения: какое состояние имеется в виду, какой процесс использует его различия и почему это использование должно сопровождаться субъективным качеством?

Есть ещё одна граница. Неизвестное состояние нельзя просто прочитать целиком с единственного экземпляра системы, как готовую строку на экране. Восстановление описания по измерениям требует определённых предположений и набора данных. Результат конкретного измерения не является фотографией всех потенциальных свойств. [14]

Это особенно существенно при попытке говорить о памяти человека как о квантовой записи. Необходимо различать сохранение физического состояния, возможность извлечь из него сведения и восстановление осмысленной истории. Даже идеально сохранённый носитель не гарантирует, что произвольный получатель сумеет получить доступ к его содержанию. А доступная запись биографии ещё не устанавливает непрерывность переживания того, чью биографию она описывает.

Таким образом, слово «информация» помогает построению модели только после уточнения отношений. Что различается? Для какой системы? С помощью какого взаимодействия? Какие последствия имеет различение? Эти вопросы не требуют заранее отказываться от фундаментального сознания, но не позволяют подменить его объяснение одним физическим термином.

Квантовый механизм должен успеть что-то изменить

Пусть обнаружено состояние, которое сохраняет нужные фазовые отношения. Само по себе его существование ещё не объясняет функцию. Механизм должен успеть повлиять на процесс, который имеет отношение к поведению, памяти или содержанию восприятия. Для этого важны не только время жизни состояния, но и сила связи, скорость передачи влияния и устойчивость результата.

Можно представить устройство с прекрасной внутренней памятью, к которой невозможно ничего записать и из которой невозможно ничего извлечь. Для хранения заранее заданного состояния оно может быть пригодно, а для обработки внешней информации — нет. Обратная крайность тоже понятна: очень чувствительная система легко принимает воздействие, но так же легко теряет различия под действием случайных возмущений.

Возможный биологический квантовый механизм оказывается между этими крайностями. Ему нужна избирательная открытость: взаимодействовать с нужными процессами и достаточно долго сохранять свойства, от которых зависит результат. В физическом описании такие свойства связывают со степенями свободы — например, с положением частицы или её спином. Эта задача имеет физическое содержание ещё до построения теории сознания.

Поэтому вопрос «квантовый ли мозг» слишком широк. Вещество мозга описывается квантовой физикой уже на уровне химических связей. Более содержательный вопрос звучит иначе: использует ли определённая мозговая функция конкретное квантовое свойство так, что без него меняется наблюдаемый результат? Ответ потребует модели, допускающей сравнение с подходящим классическим приближением.

Какие вопросы теперь можно поставить

После введения квантового описания исходная идея приобретает несколько независимых направлений. Можно исследовать, какие состояния вообще доступны выбранному носителю. Можно выяснять, насколько долго сохраняется различие между суперпозицией и смесью. Можно проверять, как это различие влияет на молекулярную реакцию или работу нервной ткани. Можно отдельно спрашивать, какое отношение найденный процесс имеет к переживанию.

Ни один из этих переходов не совершается только благодаря математическому обозначению. Вектор состояния не содержит готового субъекта. Оператор взаимодействия не объясняет смысл ощущений. Вероятность результата не равна свободе решения. Но точный язык позволяет увидеть место каждого пробела и поставить перед ним определённую исследовательскую задачу.

Для гипотезы мозга как интерфейса это означает возможность более строгой формулировки. Предполагаемый внешний вклад должен менять физическое состояние доступной наблюдению системы. Если этот вклад квантовый, нужно указать, чем его действие отличается от обычного случайного сигнала. Если вклад связывается с субъективностью, необходимо объяснить, почему изменение физической связи должно сопровождаться изменением определённой стороны опыта.

Появляется и возможность содержательного отрицательного результата. Измерения могут показать, что предложенные состояния слишком быстро теряют необходимые свойства. Или что различие,

предсказанное для дополнительного механизма, отсутствует там, где метод позволял его обнаружить. Такой результат ограничит конкретную конструкцию, сохраняя сам вопрос о природе сознания.

Квантовая теория делает поиск более требовательным. Вместо неопределённой глубины она предлагает различимые состояния, операции и ограничения. Следующий вопрос возникает уже на человеческом масштабе: что именно должно сохраняться и изменяться, чтобы происходящее ощущалось принадлежащим одному существу?

Глава 3

Где искать того, кто переживает

Человек протягивает руку к чашке и почти никогда не решает отдельно, кому принадлежит движущаяся рука. Принадлежность уже присутствует в действии. Чашка находится снаружи, рука служит средством движения, усилие ощущается своим. Этот небольшой эпизод кажется проще вопроса о происхождении сознания. Однако в нём уже соединены восприятие мира, представление тела, ожидание результата и ощущение собственного участия.

Если искать субъекта только как скрытую точку внутри головы, всё это устройство легко пропустить. В таком поиске сознание заранее представляется маленьким зрителем: органы чувств доставляют ему картины, память показывает прошлое, воля позволяет нажимать внутренние кнопки. Но тогда возникает тот же вопрос к самому зрителю. Каким образом он видит картины и ощущает нажатия? Перенос наблюдателя внутрь системы не устраняет задачу.

Принадлежность не всегда совпадает с анатомией

В опыте Мэттью Ботвиника и Джонатана Коэна настоящую руку участника скрывали от зрения, а перед ним помещали искусственную. Одновременные прикосновения к обеим рукам могли вызывать ощущение, будто видимая искусственная рука принадлежит самому участнику. Авторы также сравнивали условия согласованного и рассогласованного прикосновения и оценивали изменение воспринимаемого положения собственной руки. Работа показала связь телесной принадлежности с согласованием зрительной, тактильной и проприоцептивной информации. Она не показывала переноса сознания в предмет. [16]

Различие принципиально. Физическая рука не переместилась, а способ представления тела изменился. Следовательно, переживаемая граница тела не является простой фотографией анатомической границы. Между телом и ощущением тела существует работа согласования. Её результаты обычно настолько привычны, что воспринимаются как непосредственная данность.



Рисунок 6. Принцип опыта с резиновой рукой [16]. Участник видит искусственную руку, а настоящая рука скрыта от него непрозрачным экраном; читателю она показана с другого ракурса. Прикосновения к двум рукам согласуют или рассогласуют по времени. Сопоставление зрительной, тактильной и проприоцептивной информации может менять ощущение телесной принадлежности. Перенос сознания в предмет здесь не предполагается.

Такое согласование сигналов не обязано быть рассуждением в словах. Принадлежность может ощущаться раньше, чем появляется объяснение. Именно поэтому наблюдение о телесном «я» не следует смешивать с рассказом о характере или биографии. Можно исследовать конкретный компонент самопредставления, не предполагая, что он исчерпывает личность.

Для идеи интерфейса возникает содержательная возможность: граница индивидуального опыта может зависеть от того, как система связывает события с собственным телом. Однако такая возможность ещё не выбирает физический носитель переживания. Она прежде всего указывает, какую организацию должна объяснить любая теория, помещающая основание сознания внутри организма или за его пределами.

Тело сообщает о себе изнутри

Часть информации о теле приходит через зрение и прикосновения. Другая связана с внутренними процессами: дыханием, сердцебиением, состоянием органов. Человек не видит эти процессы так, как видит чашку, но они могут участвовать в самочувствии и эмоциональной

окраске происходящего. Для восприятия внутренних состояний используется понятие интероцепции.

Хьюго Кричли и коллеги исследовали мозговую активность во время задания на оценку времени собственных сердечных сокращений. Они обнаружили связи между выполнением задания и активностью ряда областей, включая правую переднюю островковую и прилегающую оперкулярную кору. Исследование также выявило корреляции между точностью интероцептивного различения и некоторыми субъективными показателями. Это свидетельство участия конкретных нейронных систем в доступе к телесным сигналам, а не обнаружение единственного места, где находится субъект. [17]

Можно мысленно сравнить два организма, которые получают одинаковое изображение внешнего мира, но находятся в разных внутренних состояниях. Для одного путь к воде имеет срочное значение, для другого остаётся нейтральной возможностью. Различие здесь относится не только к изображению. Оно касается того, что требуется телу и какие действия приобретают ценность.

Поэтому метафора тела как экрана оказывается недостаточной. У экрана нет собственных потребностей, тогда как организм должен поддерживать своё существование. В исследовательской модели это позволяет связать самопредставление с регулированием: система различает события не только по форме, но и по тому, как они влияют на условия её дальнейшего существования.

Такое функциональное объяснение ещё не выводит качественную сторону голода или тревоги. Оно описывает, почему внутренние сигналы могут занимать особое место в организации поведения. Для гипотезы более фундаментального сознания эта организация представляет возможный способ индивидуализации: общий физический процесс, если он существует, должен получать определённую перспективу через конкретные потребности и ограничения тела.

Несколько смыслов одного «я»

Слово «я» объединяет различные способности. Можно узнавать собственное отражение, помнить своё прошлое, отличать собственное движение от внешнего толчка, сообщать о переживании и сомневаться в правильности своего решения. Из наличия одной способности не следует автоматическое наличие остальных. Их полезно различать даже тогда, когда они работают совместно.

Телесное самопредставление относится к тому, что воспринимается своим телом и где располагается перспектива действия. Чувство авторства относится к участию в событии: движение произошло благодаря собственному действию или было навязано извне. Автобиографическое представление связывает нынешнее состояние с историей. Рефлексия позволяет делать собственные способы восприятия и решения предметом дальнейшего рассмотрения.

Эти различия являются рабочей схемой анализа. Они не означают, что внутри головы существует несколько самостоятельных людей. Скорее, слово «я» используется для описания разных отношений одной системы к собственным состояниям. Такое разделение помогает не требовать от краткого ощущения всей сложности человеческой биографии.

Рабочие различия между переживанием, самопредставлением и рефлексией сведены на рисунке 1.

Предположим, создано устройство, которое безошибочно различает собственные команды и внешние возмущения. Оно демонстрирует определённую форму контроля действия. Если устройство дополнительно сохраняет историю, возникает возможность связывать настоящее с прошлым. Но даже совместное наличие этих функций не позволяет просто вписать слово «переживание» в техническое описание. Вопрос о субъективности остаётся отдельным.

Обратная ошибка — считать субъективный опыт невозможным без развитого рассказа о себе. В таком определении сознание заранее отождествлялось бы с одной из сложных форм человеческого самосознания. Тогда исследование других существ оказалось бы ограничено формулировкой вопроса ещё до получения данных.

Перспектива действия без внутреннего зрителя

В повседневной жизни события обычно представлены относительно тела. Ближе или дальше, достижимо или недостижимо, опасно или безопасно — эти различия приобретают значение из определённого положения. Для модели поведения требуется центр отсчёта. Однако центр отсчёта не обязан быть отдельным предметом.

Географические координаты не требуют, чтобы внутри карты находился её маленький владелец. Положение наблюдателя можно задать отношениями между объектами и возможностями движения. Аналогично функциональная перспектива системы может определяться способом, которым она связывает восприятие, память и действие. Эта аналогия не объясняет субъективность карты или машины; она показывает лишь логическую возможность организации без внутреннего зрителя.

В мозге можно искать процессы, необходимые для определённой стороны опыта, не ожидая найти орган, в котором сидит готовое «я». Исследование Парвизи и коллег, рассмотренное в первой главе, показывает, как локальное вмешательство меняет конкретное содержание восприятия. Оно помогает различать функции, но не превращает область распознавания лиц в место хранения целого наблюдателя. [15]

Отсутствие найденного единого центра также не является доводом в пользу его внешнего расположения. Это было бы заключением по

принципу: если искомого предмета нет здесь, значит он находится где-то ещё. Возможно, исходное ожидание отдельного предмета было неверным. А возможно, более широкая теория действительно потребуется. Между этими вариантами должен выбирать результат исследования, а не привычный образ.

Настоящее нуждается в продолжении

Перспектива действия имеет не только положение в пространстве, но и протяжённость во времени. Чтобы движение было частью одного действия, система должна каким-то образом связывать его начало, продолжение и ожидаемый результат. Иначе последовательность состояний оставалась бы набором независимых эпизодов. Это функциональное требование, которое можно сформулировать ещё до решения вопроса о субъективном времени.

Представим устройство, состояние которого после каждого шага полностью стирается. Оно получает новое изображение и выдаёт ответ, но не сохраняет след предыдущего события. Другое устройство использует предшествующий шаг для интерпретации нынешнего. Различие между ними можно обнаружить в задачах, где один и тот же сигнал имеет разное значение в зависимости от контекста. Однако наличие такого различия ещё не говорит, что второе устройство переживает течение времени.

Этот пример позволяет разделить два утверждения. Для определённых форм самопредставления нужна доступность истории. Но доступность истории не является достаточным доказательством субъективной непрерывности. Оба утверждения должны оставаться в модели, иначе она либо потеряет функциональную определённость, либо слишком быстро объявит любую память сознанием.

В гипотезе совместного формирования личности история связи приобретает особое значение. Если индивидуальность возникает во взаимодействии, нужно объяснить, как нынешние свойства системы сформировались и какие последствия они имеют. Одного перечня мгновенных характеристик для этого недостаточно. Две системы могут выглядеть похожими сейчас и при этом иметь разную историю отношений с миром.

Поэтому выражение «тот же самый субъект» требует выбранного критерия. Речь может идти о сохранении памяти, продолжении причинной цепи или ощущении узнавания себя. Эти критерии могут совпадать в обычной жизни, но их совпадение нельзя заранее считать законом для всех мыслимых физических реализаций.

Где проходит граница субъекта

Телесная граница кажется естественным кандидатом на границу сознания. Однако даже на уровне функций организм постоянно зависит от внешней среды. Запись помогает памяти, инструмент расширяет

возможности движения, язык связывает личные решения с опытом других людей. Такая зависимость заставляет уточнять, что именно означает включение чего-либо в систему.

Для выполнения задачи можно рассматривать человека вместе с блокнотом. Для нейрофизиологического эксперимента можно ограничить анализ мозгом и определённым набором входных сигналов. Для исследования обмена веществ понадобится другая граница. Все эти описания допустимы, если выбор границы соответствует вопросу.

Но функциональная включённость не равна принадлежности субъективному опыту. Из того, что блокнот поддерживает память, не следует, что он чувствует вместе с владельцем. Из того, что без внешнего кислорода организм перестаёт работать, не следует, что весь воздух становится частью одного субъекта. Причинная зависимость слишком распространена, чтобы сама по себе определить границу переживания.

Авторской гипотезе интерфейса потребуется более узкий критерий. Можно предположить, что индивидуальность связана с устойчивым взаимным влиянием между определёнными внутренними процессами, системой памяти и предполагаемым дополнительным носителем. Тогда граница должна определяться не просто наличием связи, а её структурой и последствиями. Это исследовательское предположение, из которого ещё необходимо получить измеримые различия.

Например, разрыв связи должен менять что-то определённое, а не объяснять любое возможное изменение. Уменьшение согласования может нарушать объединение сведений, доступ к истории или устойчивость самопредставления. Если предполагаемый механизм относится именно к переживанию, потребуется показать, почему его действие нельзя полностью объяснить нарушением ответа, внимания или памяти.

Что остаётся от образа аватара

Аватар в виртуальной среде обычно уже имеет внешнего пользователя. Сам аватар не создаёт его биографию, потребности или способность различать себя и мир. Поэтому перенос этого образа на человека незаметно приносит слишком много готовых ответов. Он предполагает личность ещё до того, как объяснено её возникновение.

Более осторожная версия сохраняет только идею посредничества. Тело задаёт набор доступных воздействий и способов действия. Мозг связывает их во времени и поддерживает представление об их отношении к организму. Предполагаемое фундаментальное основание переживания, если оно существует, участвует в этой организации, но ещё не обязано содержать завершённую человеческую личность.

В такой модели субъект рассматривается как устойчивый процесс. Его нынешние состояния зависят от истории, телесные потребности

направляют действие, а структура взаимодействия должна объяснить, как множество событий объединяется в одну перспективу. Именно устройство этой связи, а не образ скрытого пассажира, становится предметом исследования.

Это не готовая теория, но уже направление её построения. Вместо поиска маленького наблюдателя появляются вопросы о принадлежности, доступе, непрерывности и границах. Каждому из них можно сопоставлять разные измерения и разные возможные ошибки.

Субъект остаётся центральной трудностью. Однако теперь она сформулирована точнее: каким образом физическая организация, которая различает мир и себя, оказывается также организацией, для которой происходящее переживается? Чтобы двигаться дальше, потребуется рассмотреть старые идеи о душе и первичности сознания так, чтобы они получали ясные обязательства перед наблюдением.

Глава 4

Старые вопросы в проверяемой форме

Вопрос о том, исчерпывается ли человек видимым телом, возникает раньше любого сложного прибора. Смерть, сон, память и ощущение собственной отдельности заставляют искать объяснение тому, что значит быть кем-то. Религиозный язык может отвечать на этот вопрос через душу и её предназначение. Философский — через отношения переживания и мира. Научный подход начинает с другого требования: какое наблюдение должно измениться, если предложенное объяснение верно?

Эти способы разговора нельзя просто объявить разными именами одной теории. Они могут решать разные задачи. Утверждение о смысле жизни не становится измерением, когда рядом появляется формула. Но образ или философское предположение способны поставить вопрос, для которого впоследствии удаётся найти физическую модель. Именно такой переход представляет интерес для этой книги.

Что сохраняется при переводе

Возможны разные смыслы слова «душа». Оно может обозначать личность, нравственное достоинство, живое присутствие, бессмертное начало или носитель памяти. Эти значения не обязаны совпадать. Поэтому научная работа с соответствующим образом начинается с выбора конкретного утверждения, а не с поиска прибора, который должен обнаружить всё сразу.

Если под душой понимается способность переживать, возникает вопрос об условиях субъективного опыта. Если предполагается независимый носитель биографии, необходимы вопросы о записи, хранении и восстановлении информации. Если говорится о действии нематериальной причины на тело, требуется понять, какие наблюдаемые изменения отличат это действие от уже известных взаимодействий.

При переводе часть первоначального смысла может потеряться. Наука способна проверить определённое утверждение о памяти, не решив вопрос о предназначении человека. Она может ограничить модель внешнего воздействия, не вынося решения о религиозной картине мира в целом. Границы вывода определяются тем, какое конкретное утверждение удалось проверить.

В этой книге исходный вопрос сохраняется, но приобретает проверяемую форму. Вместо утверждения «личность больше тела» появляется задача: существуют ли наблюдаемые зависимости, для объяснения которых необходимо включить в модель дополнительный

носитель? Вместо утверждения «всё связано» — вопрос о том, какие связи существенны, как они обнаруживаются и какие различия порождают.

Первичность допускает разные модели

Предположение о первичном сознании может означать, что переживание относится к фундаментальным свойствам реальности. В этом случае оно не обязано находиться в отдельной точке пространства. Такое положение касается того, что считается исходным в объяснении. Чтобы связать его с физикой, понадобится правило соответствия между фундаментальным свойством и конкретными физическими организациями.

Другая версия предполагает самостоятельную физическую систему вне организма. Она взаимодействует с мозгом и вносит вклад в состояние человека. Здесь уже возникает обычная исследовательская задача: определить носитель, способ связи, величину эффекта и условия его появления. Неизвестность носителя не отменяет этих требований.

Третья версия переносит акцент на отношения. Ни организм, ни предполагаемая более широкая система по отдельности не являются завершённой человеческой личностью. Индивидуальный субъект возникает благодаря устойчивому взаимодействию между ними. Такая версия ближе к развиваемой далее гипотезе совместного формирования личности, но пока также требует собственного физического содержания.

Различие между версиями важно для оценки неудачи. Если не обнаружено определённое внешнее поле, это может ослабить модель такого поля. Оно не опровергает автоматически всякое представление о фундаментальности переживания. И наоборот, философская привлекательность фундаментальности не поддерживает конкретное значение силы связи в физическом эксперименте.

Идея становится точнее, когда перестаёт перемещаться между этими значениями в зависимости от удобства. Для каждого утверждения должен сохраняться его собственный предмет. Иначе положительный результат будет засчитываться всем версиям сразу, а отрицательный — не относиться ни к одной.

Причина должна оставлять различимый след

Представим две модели одного опыта. В первой состояние человека определяется работой организма и обычными взаимодействиями с окружающей средой. Во второй добавлен внешний носитель, который действует на определённый мозговой процесс. Если обе модели предсказывают одни и те же наблюдения при всех доступных условиях, выбор между ними пока не решается этим опытом.

Чтобы возникло различие, участие дополнительного носителя должно приводить к определённому наблюдаемому следствию. Например, оно может изменять отклик при независимо измеряемом воздействии или задавать зависимость от расстояния, ориентации либо времени. Эти примеры обозначают тип возможного предсказания, а не сообщают об уже обнаруженных свойствах сознания.

При этом любое необычное совпадение ещё не указывает на новый канал. Две системы могут реагировать на общий внешний фактор. Измерительный прибор может вносить сходные ошибки. Способ отбора эпизодов может выделять совпадения и оставлять за кадром несовпадения. Поэтому модель должна включать не только желаемую причину, но и реальные пути возникновения наблюдаемого результата.

Нужна осторожность и в другую сторону. Если предполагаемое воздействие реализуется через изменение мозговой активности, нельзя просто исключить всякую мозговую активность из анализа и ожидать, что эффект сохранится. Такая процедура может удалить сам путь действия. Вопрос состоит в сравнении причинных объяснений, а не в механическом вычитании всего известного.

Отсюда появляется конструктивный смысл образа приёмника. Его научная версия начинается там, где есть определённая связь между входом, преобразованием и выходом. Приёмник интересен не названием, а тем, что позволяет предсказать, как изменится результат после изменения одного из звеньев.

Формула не заменяет связь между понятиями

Математическая запись может придать модели точность. Но она может и скрыть пустоту, если знакомым символам приписаны неопределённые значения. Достаточно обозначить сознание буквой, ввести коэффициент «духовной энергии» и написать равенство, чтобы получить внешнее сходство с физикой. Пока отсутствуют определения и процедуры измерения, сходство остаётся внешним.

Уравнение полезно тогда, когда связывает величины, значения которых можно задавать, измерять или выводить из остальных условий. Необходимо также проверить размерности. Энергия, время и вероятность не становятся взаимозаменяемыми оттого, что обсуждается сложный предмет. Если вводится новая величина, её смысл должен быть определён до использования в объяснении.

Даже корректный физический расчёт не решает автоматически вопрос о переживании. Можно получить время жизни состояния или вероятность реакции. Для перехода от этой величины к сознанию требуется дополнительное предположение: почему именно она имеет значение для субъекта и как это значение обнаружить независимо от исходной идеи.

Поэтому математическая часть книги будет выполнять две задачи. Она должна описывать возможный механизм и одновременно показывать его пределы. Стандартная запись взаимодействия двух подсистем останется стандартной физикой. Авторский вклад начнётся в выборе проверяемой связи между этой динамикой и конкретными сторонами опыта.

Такой порядок не уменьшает смелости гипотезы. Он делает видимым, где именно предлагается новый шаг. Без этого невозможно понять, что требуется проверить: давно известное уравнение, неизвестный биологический механизм или новое правило соответствия между физической организацией и переживанием.

Когда вопрос ещё не стал экспериментом

Можно сформулировать утверждение о сознании, которое по определению не имеет никаких наблюдаемых последствий. Например, предположить дополнительную сущность, не влияющую на тело, память, действия и результаты измерений. Такое утверждение может иметь философское значение. Но эксперимент не получает способа различить его наличие и отсутствие.

Это не даёт права назвать утверждение ложным только из-за его нынешней непроверяемости. Однако оно не позволяет представить его подтверждённым естественнонаучным результатом. Между логической возможностью и поддержкой данными лежит отдельная дистанция.

Существуют и промежуточные случаи. Модель может иметь наблюдаемые следствия, которые пока слишком малы для доступных приборов. Бывает и так, что тип эффекта уже определён, но биологический носитель ещё недостаточно изучен. Тогда можно обсуждать будущую чувствительность измерения, диапазон допустимых параметров и косвенные ограничения. Важно не смешивать техническую недоступность определённого опыта с отсутствием любого мыслимого различия.

Отрицательный результат тоже зависит от условий. Если метод был способен обнаружить только сильное воздействие, отсутствие сигнала ограничивает сильные варианты. Оно не показывает, что всякий слабый эффект отсутствует. Но возможность бесконечно слабого эффекта не должна превращаться в способ спасать любое объяснение: такой эффект ещё обязан быть достаточно значимым для той функции, которую ему приписывают.

Здесь физика и объяснение сознания встречаются особенно тесно. Носитель, который нельзя обнаружить из-за его ничтожного влияния, трудно одновременно объявлять причиной крупных и устойчивых различий в работе организма без дополнительного механизма усиления.

Одинаковое наблюдение может поддерживать разные истории

Представим, что после изменения некоторого физического параметра человек иначе различает зрительные сигналы. Сторонник интерфейсной модели может связать это с настройкой дополнительного канала. Нейронная модель может объяснить результат изменением чувствительности клеток. Оба рассказа могут быть совместимы с одним наблюдением. Поэтому важен следующий вопрос: какой дополнительный результат они ожидают по-разному?

Первая модель, например, должна будет связать изменение с независимо определённым свойством предполагаемого носителя. Вторая — с доступными измерению клеточными процессами. Различие может оказаться небольшим, но именно оно превращает сравнение в исследование. Если же новый механизм вводится лишь после получения результата и не задаёт собственных ожиданий, его объяснительная роль остаётся неясной.

Нельзя также считать теорию выигравшей только потому, что она использует больше переменных. Дополнительные параметры позволяют приспособить описание к уже известным данным. Содержательная проверка появляется при переходе к условиям, которые не использовались для настройки модели. Чем точнее предсказано новое наблюдение, тем серьёзнее основание продолжать работу с соответствующим механизмом.

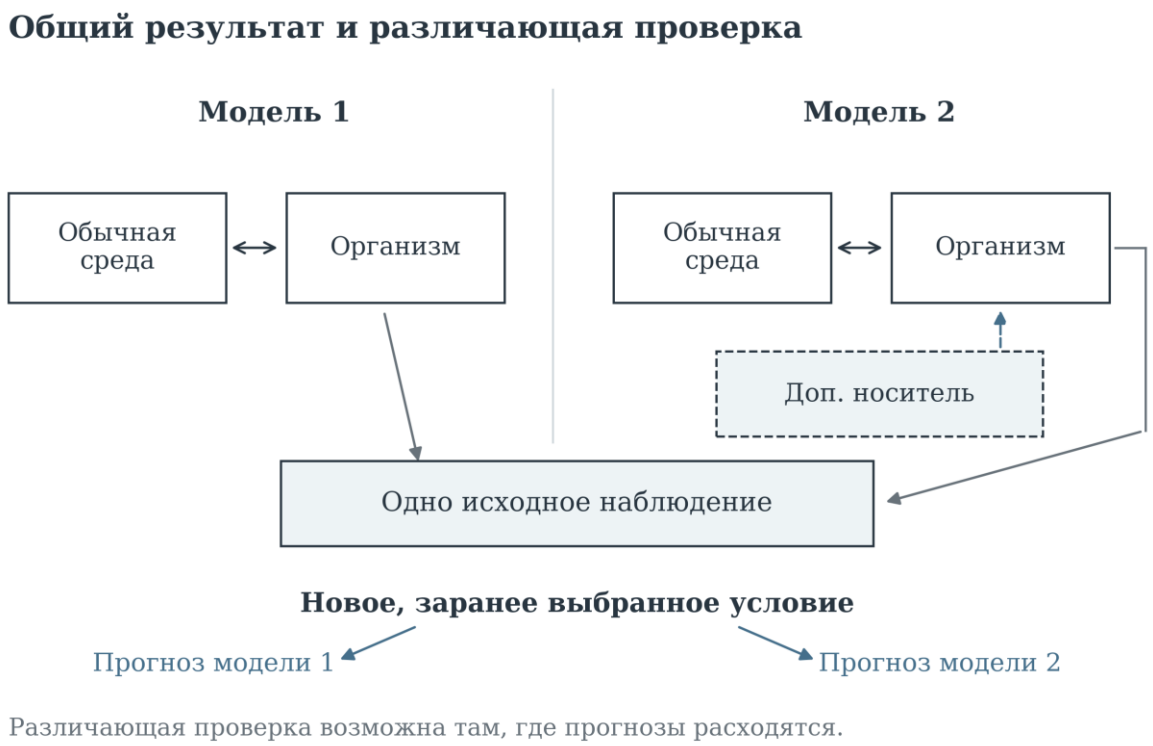


Рисунок 7. Одинаковый исходный результат может быть совместим с разными моделями. Различающая проверка требует нового условия и заранее сформулированных ожиданий.

Для спорных вопросов это правило особенно полезно. Оно позволяет не решать заранее, какой образ человека должен победить. Исследование может обнаружить более широкую физическую систему, а может показать достаточность механизмов, которые раньше недооценивались. Научная ценность работы определяется тем, насколько она уменьшила неопределённость, а не тем, совпал ли результат с первоначальным ожиданием.

Поэтому научное основание должно включать и данные, которые сопротивляются гипотезе. Внешний носитель, если он существует, не освобождает модель от объяснения тонкой зависимости опыта от мозга. А успех нейронного объяснения отдельной функции не превращает автоматически все вопросы о переживании в решённые. Каждый подход должен уточнять, что именно ему удалось объяснить.

Гипотеза становится сильнее через ограничения

Предположим, внешний вклад нужен лишь для возникновения переживания, а вся информация, используемая в поведении, полностью формируется мозгом. Такая версия отличается от предположения, что внешняя система хранит воспоминания и передаёт их организму. В первом случае предстоит найти показатель, чувствительный к самому предполагаемому условию переживания. Во втором появляются дополнительные требования к информационному каналу и памяти.

Если эти варианты разделены заранее, данные могут по-разному изменить их оценку. Обнаружение внешнего физического воздействия ещё не покажет наличие внешней биографии. Обнаружение способности системы хранить информацию ещё не покажет, что эта информация переживается. Каждый переход требует собственного основания.

У существующих научных программ уже есть примеры такого уточнения. Теория Orch OR связывает сознание с конкретными предположениями о микротрубочках и объективной редукции. Гипотеза Фишера выделяет другие носители и процессы. Их можно обсуждать именно потому, что в них названы физические звенья, к которым возникают определённые вопросы. Совместное употребление квантовых понятий не делает эти программы одной теорией. [4, 7]

Авторская гипотеза интерфейса также должна получить собственный набор ограничений. Она не может служить общим названием для всего, что пока не объяснено. Ей предстоит указать, что связывается, почему связь избирательна, как возникает индивидуальность и чем такая конструкция отличается от нейронного объяснения тех же наблюдений.

Старые вопросы при этом сохраняют свою глубину. Изменяется способ продвижения. Вместо поиска окончательного подтверждения заранее выбранной картины появляется возможность постепенно исключать неподходящие механизмы и усиливать те, которые выдерживают сравнение. Следующая часть книги начинается с области, где такой подход уже имеет конкретный предмет: с физических процессов в живом веществе.

Часть вторая

Физика живой системы

Глава 5

Квантовые процессы в тёплом мире

Живая клетка не похожа на тщательно изолированный физический прибор. В ней движутся молекулы, идут реакции, расходуется энергия, меняется окружение отдельных структур. На первый взгляд такая среда кажется неподходящим местом для тонких квантовых эффектов. Однако сама постановка вопроса нуждается в уточнении. Сохранение определённого состояния в течение долгого времени и использование краткого квантового процесса — разные задачи.

Молекулярной реакции не обязательно поддерживать свойства, необходимые большому квантовому компьютеру. Она может использовать определённую зависимость лишь на одном коротком этапе, после которого результат закрепляется обычной химической динамикой. Поэтому исследование квантовых процессов в живом веществе начинается с масштаба задачи: что именно должно произойти, какие степени свободы участвуют и сколько времени им требуется.

Не вся квантовая физика означает квантовое вычисление

Химическая связь, спектр поглощения молекулы и электронное строение вещества требуют квантового описания. В этом широком смысле квантовая природа биологии не является необычной гипотезой. Необычным может оказаться другое утверждение: для определённой функции существенна специально сохраняемая когерентность, запутанность или спиновая динамика, которую недостаточно заменить подходящей классической моделью.

Такая формулировка не требует, чтобы весь организм одновременно находился в одном управляемом квантовом состоянии. Разные масштабы могут описываться по-разному. Для одной реакции нужны квантовые вероятности переходов, для следующего этапа может оказаться достаточным распределение концентраций, а поведение организма потребует ещё другого уровня описания.

Это похоже на переход от отдельного элемента к работающему устройству. Физика элемента важна, но объяснение назначения устройства не возникает простым увеличением масштаба фотографии. Необходимо показать, каким образом локальные изменения влияют на

дальнейшие процессы. В биологии таким посредником могут быть химические продукты, изменение формы белка или изменение скорости реакции.

Поэтому выражение «обнаружен квантовый эффект» оставляет открытым функциональный вопрос. Эффект может быть необходимым звеном, побочным следствием устройства молекулы или явлением, доступным только в специальных условиях измерения. Чтобы выбрать между этими вариантами, требуется изучать связь между уровнями.

Как спин способен изменить химический результат

Одним из наиболее конкретных примеров служит радикально-парный механизм. Радикалом называют частицу с неспаренным электроном. Если в общем процессе образуется пара радикалов, спиновые состояния двух электронов могут влиять на доступные пути дальнейшего превращения. Спин здесь является квантовым свойством, а не буквальным вращением маленького шарика.

В упрощённом описании выделяют синглетное и триплетные состояния пары. У синглета суммарный спин равен нулю; триплет объединяет три состояния с ненулевым суммарным спином. Это свойства общего квантового состояния двух электронов. Взаимодействия с окружающими ядрами и магнитным полем могут менять соотношение этих состояний во времени. Если химические каналы различаются по своей зависимости от спина, изменение динамики отражается на выходе продуктов. Так магнитное воздействие получает путь к химическому результату.

Клаус Шультен, Чарльз Свенберг и Альберт Веллер ещё в 1978 году предложили механизм химического компаса, в котором чувствительность к направлению поля связана с особенностями спиновой динамики радикальных пар. Их работа была физическим предложением о возможном механизме магнитной чувствительности живых систем. [19]

Значение этой идеи состоит в структуре объяснения. Внешнее поле не обязано обеспечивать всю энергию последующей реакции. Оно может менять относительную вероятность путей, а энергия поступает из другого источника, например из предшествующего светового возбуждения. Это позволяет понять, почему сравнение энергии слабого воздействия с полной энергией системы не всегда решает вопрос о чувствительности.

Вместе с тем чувствительность не возникает без условий. Важны времена реакции, типы взаимодействий, пространственное устройство молекулы и конкурирующие процессы. Если различия исчезают раньше, чем успевают изменить выход продуктов, предполагаемый механизм не выполняет нужную функцию. Поэтому за словом «квантовый» должно следовать описание конкретных химических реакций и их скоростей.



Рисунок 8. Упрощённая схема радикально-парного механизма. Изменение спиновой динамики может менять вероятности химических путей при подходящих временах и взаимодействиях.

Что было измерено в криптохроме

В исследовании Цзинцзин Сюй и коллег, опубликованном в 2021 году, изучалась фотохимия белка криптохрома 4 европейской зарянки. В опытах с выделенным белком обнаружили чувствительность к магнитному полю; она отличалась от чувствительности белков сравниваемых видов птиц. Изменения отдельных участков белка помогли исследовать роль последовательных радикальных пар. Эти результаты поддерживают изучение определённого молекулярного механизма. Они относятся к измерениям вне целого организма и не являются прямой регистрацией того, как птица переживает направление. [9]

В этой истории особенно важен характер вопроса. Исследователи выделили вещество, выбрали воздействие и измерили зависимость фотохимии от условий. Благодаря этому предполагаемый механизм можно сопоставлять с другими физическими объяснениями результата.

Для теории сознания такой опыт представляет образец конкретности. Если предполагается особый носитель в мозге, полезно спросить, можно ли сначала изучить его независимо от сложного поведения. Какая величина меняется? Какое воздействие действует избирательно? Какие варианты химического объяснения остаются? Эти вопросы позволяют укрепить физическое звено ещё до обсуждения субъективного опыта.

При этом независимое изучение имеет цену. Выделяя структуру, исследователь изменяет её окружение. Поэтому лабораторное подтверждение определённого свойства и подтверждение его естественной функции образуют разные этапы. Первый способен сделать второй правдоподобным и проверяемым, но не заменяет его.

Среда одновременно мешает и помогает

Окружение часто представляют только источником разрушения. Для некоторых квантовых задач это полезное первое приближение: взаимодействия со средой приводят к потере доступных фазовых отношений. Однако биологический механизм не может быть полностью отделён от среды. Он получает энергию и вещества, взаимодействует с соседними структурами и должен передавать результат дальше.

Поэтому для живой системы вопрос заключается в характере связи. Одни взаимодействия уничтожают различие, необходимое функции. Другие создают условия для реакции или закрепляют её результат. Одно и то же изменение среды может быть полезным на одном этапе и вредным на другом. Универсального вывода из слова «шум» здесь не получается.

Воображаемая молекулярная машина хорошо показывает эту двойственность. Если сделать её полностью нечувствительной к внешнему миру, исчезнет возможность регистрации сигнала. Если сделать чувствительной ко всему, полезное различие может потеряться среди случайных изменений. Рабочая конструкция требует избирательности, которую определяют энергия состояний, геометрия и способы взаимодействия.

Это рассуждение не гарантирует, что необходимая избирательность реализована в мозге. Оно объясняет, какого типа устройство могло бы заслуживать проверки. Вместо неопределённой защиты «от всего шума» требуется определить, какие возмущения существенны и почему некоторые степени свободы могут быть чувствительны к ним слабее других.

Неравновесность также не служит готовым ответом. Постоянный приток энергии способен поддерживать определённые процессы, но сам по себе не доказывает сохранение нужной когерентности. Придётся показать, куда поступает энергия, каким способом восстанавливается состояние и не вносит ли восстановление дополнительную неопределённость.

Предположим, охлаждение образца усилило наблюдаемый эффект. Такой результат совместим с уменьшением некоторых возмущений, но температура одновременно меняет скорости химических реакций и свойства среды. Следовательно, одно температурное сравнение ещё не выделяет нужный механизм. Для объяснения важна совокупность зависимостей, заранее ожидаемая из модели.

Подобная трудность возникает при изменении состава вещества. Замена изотопа может менять не только спиновые свойства, но и другие характеристики системы. Изменение белка может затрагивать как предполагаемый путь передачи возбуждения, так и обычную устойчивость структуры. Поэтому точность вмешательства определяется его физическими последствиями, а не названием выбранного метода.

Это делает исследование медленнее простого поиска необычного сигнала, но позволяет различать объяснения. Сильным аргументом становится согласованная картина: определённое воздействие меняет определённый параметр, изменение отражается на ожидаемой части динамики, а сопоставимые контрольные условия не дают того же результата. Такая картина ещё допускает пересмотр, однако связывает гипотезу с устройством системы гораздо теснее, чем единичное совпадение.

От молекулярного эффекта к функции

Пусть молекулярный эффект существует и воспроизводится. Следующая задача — выяснить, получает ли организм доступ к его результату. Для этого необходим путь от небольшой разницы в реакции к более устойчивому изменению. Без такого пути эффект может оставаться физически интересным и биологически несущественным.

Можно мысленно проследить цепочку: различается вероятность реакции, меняется количество продукта, изменяется состояние чувствительной структуры, затем возникает различие в клеточном ответе. На каждом переходе появляется собственная неопределённость. Малый эффект может усилиться, усредниться или исчезнуть среди параллельных процессов.

Усиление не означает появления информации из ничего. Оно может сделать малое различие удобным для дальнейшего использования, расходуя энергию системы. Но вместе с полезным воздействием могут усиливаться и посторонние возмущения. Поэтому важна не только величина конечного ответа, но и его специфичность: зависит ли он от того свойства, ради которого предложена модель?

Для сознания цепочка становится ещё длиннее. После физического и клеточного этапов требуется выяснить отношение процесса к состоянию или содержанию опыта. Влияние на движение, например, не тождественно влиянию на переживание. Влияние на память может изменить рассказ о прошлом, не обязательно изменяя само переживание в момент события.



Рисунок 9. Уровни проверки возможного механизма. Наличие молекулярного эффекта, его клеточная функция и отношение к переживанию требуют отдельных оснований.

Такое разделение делает возможным частичный успех. Исследование может установить новый клеточный механизм, даже если его специальная связь с сознанием не подтвердится. Это останется результатом о живом веществе. Требование сразу объяснить происхождение субъективности во всей полноте скорее мешало бы заметить его значение.

Какой квантовый ресурс действительно нужен

Различные механизмы предъявляют разные требования. Для одного существенна фаза в определённом базисе. Для другого — спиновая зависимость реакции. Для третьего — определённые корреляции между подсистемами. Требование к времени сохранения одного свойства нельзя переносить на все остальные квантовые механизмы в живых системах.

Короткий квантовый этап может оставить долговременный классический след. В таком случае хранение результата не требует сохранения исходного квантового состояния в течение всего времени последующего поведения. И наоборот, если модель предполагает непосредственное длительное хранение квантовой информации, короткого первоначального эффекта для неё недостаточно.

Это различие помогает оценивать модели сознания без крайностей. Ни доказательство любого молекулярного квантового эффекта, ни оценка быстрого разрушения одной выбранной суперпозиции не дают

ответа сразу для всех возможных архитектур. Требуется выяснить, какая именно операция нужна данной архитектуре и на каком этапе она выполняется.

Можно также допустить, что полезный процесс включает последовательность локальных событий, каждое из которых возникает заново. Тогда устойчивость функции определяется воспроизводимостью процесса, а не вечным сохранением одного состояния. Но если авторская модель требует объединения таких событий в единого субъекта, это объединение должно быть описано дополнительно. Само повторение молекулярной реакции не создаёт очевидного критерия субъективного единства.

Что квантовая биология даёт гипотезе интерфейса

Квантовая биология показывает, как необычный на первый взгляд механизм можно превратить в вопрос о веществе, реакции и измерении. Она также учит осторожности при переходе между масштабами. Свойство молекулы, функция клетки, поведение животного и переживание не являются взаимозаменяемыми результатами.

В развиваемой гипотезе предполагаемый интерфейс должен обладать именно такой физической определённостью. Необходимо понять, что он принимает, что преобразует и что передаёт дальше. Если носителем служат спиновые или электронные состояния, потребуется исследовать их в реальных условиях, а не ограничиться названием класса явлений.

Метафора приёмника после этого становится более содержательной. Возможный механизм может не получать готовый поток сознания, а избирательно связывать определённые состояния организма с более широкой физической системой. Однако пригодность этой связи зависит от её скорости, устойчивости и способности создавать различимые последствия.

Поэтому следующий вопрос касается времени. Даже если нужные состояния допустимы физически, они должны сохранять свои существенные свойства достаточно долго для предполагаемого действия. Чтобы оценить это условие, необходимо различить несколько процессов, которые в разговоре часто объединяются одним словом «декогеренция».

Глава 6

Сколько времени живёт связь

Предположим, найдено состояние, которое могло бы участвовать в работе предполагаемого квантового интерфейса. Следующий вопрос кажется простым: как долго оно живёт? Но под одним временем могут скрываться разные процессы. Система может сохранять энергию и терять фазовые отношения. Она может сохранять отдельные корреляции, но перестать выполнять нужную операцию. Она может выдавать устойчивый усреднённый сигнал, хотя состояние каждого экземпляра меняется быстро.

Поэтому обсуждение времени начинается с определения того, что должно сохраниться. Для памяти, переноса возбуждения и реакции нужны разные свойства. Число без указания состояния, окружения и задачи не позволяет оценить пригодность механизма.

Энергия и фаза теряются по-разному

Рассмотрим простую систему с двумя энергетическими уровнями. Она может обмениваться энергией со средой, приближаясь к равновесному распределению населённостей — вероятностей обнаружить её на каждом из уровней. Характерное время такого процесса часто обозначается T_1. Другая величина, T_2, описывает затухание определённых фазовых отношений между уровнями. Для конкретной двухуровневой модели эти процессы связаны, но не совпадают.

Для описания состояния удобно использовать матрицу плотности ρ — таблицу величин, по которой вычисляют вероятности результатов измерений. Элемент ρ_{01}, расположенный вне её главной диагонали, описывает когерентность между выбранными уровнями. В экспоненциальном приближении его модуль может меняться следующим образом:

$$|\rho_{01}(t)| = |\rho_{01}(0)| e^{-t/T_2}.$$

Индексы 0 и 1 относятся к выбранным уровням, а t обозначает время. Формула показывает, как быстро уменьшается конкретная когерентность в этом базисе. Она применима в рамках указанного приближения и не измеряет длительность человеческой мысли.

Рассмотрим теперь простую марковскую модель: дальнейшее изменение системы в ней определяется её текущим состоянием, без отдельного учёта истории окружения. Если энергетическая релаксация сочетается с независимым чистым дефазированием, выполняется соотношение:

$$\frac{1}{T_2} = \frac{1}{2T_1} + \frac{1}{T_\varphi}.$$

Время Tφ характеризует чистое дефазирование, которое не требует изменения населённостей уровней. Это соотношение получено для выбранной модели; его нельзя автоматически переносить на другие способы описания когерентности. Общий математический язык марковской открытой квантовой динамики был сформулирован, в частности, в работе Гёрана Линдблада. [18]

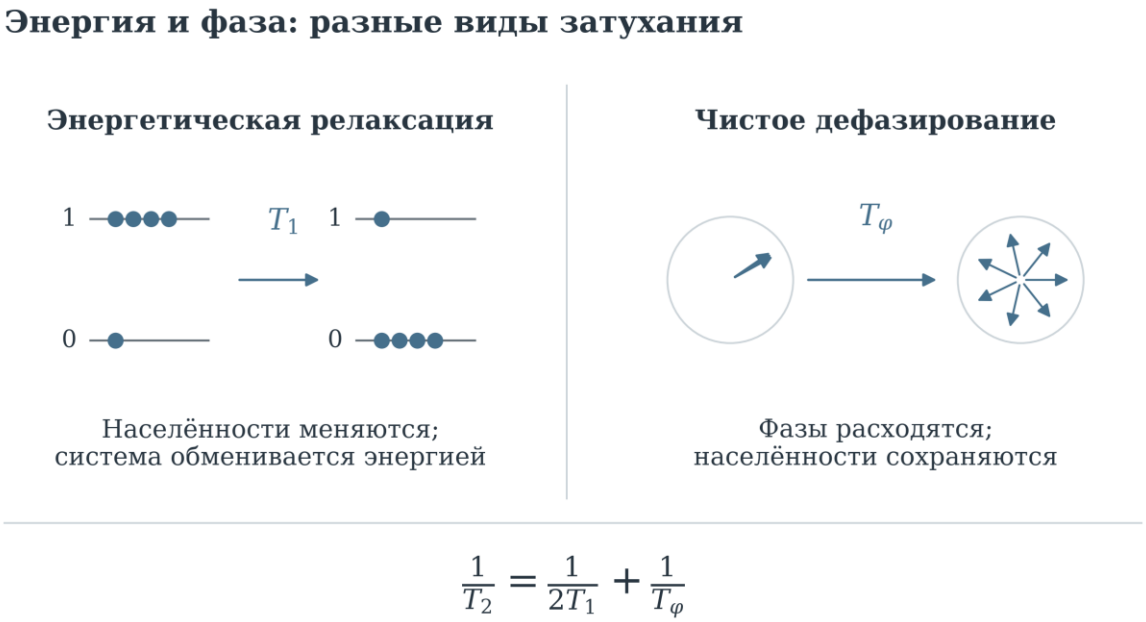


Рисунок 10. Разные процессы в простой двухуровневой модели. T₁ описывает энергетическую релаксацию, T₂ — затухание выбранной когерентности; чистое дефазирование может происходить без перераспределения населённостей.

Такое разделение сразу предупреждает ошибку. Долгое сохранение спиновой поляризации или энергии не доказывает столь же долгого сохранения всех фазовых отношений. И наоборот, наблюдение быстрого затухания одного сигнала ещё не устанавливает время жизни каждого возможного информационного свойства системы.

Декогеренция зависит от вопроса к системе

Когерентность определяется относительно выбранного способа разложения состояния. Если обсуждается суперпозиция двух пространственных положений, существенны взаимодействия, способные различить эти положения. Если рассматриваются определённые спиновые состояния, важны другие связи. Один и тот же материал может по-разному защищать разные степени свободы.

Поэтому невозможно заранее приписать мозгу единственное «время квантовости». Нужно назвать систему, базис, состояние и измеряемую величину. Даже после этого результат будет зависеть от температуры,

состава среды, частот возмущений, расстояний и способов подготовки. Эта зависимость является частью физики механизма.

Важна также разница между отдельной системой и ансамблем. Множество похожих экземпляров может иметь немного разные частоты. Усреднённый сигнал тогда затухает из-за расхождения фаз между экземплярами, хотя часть такого затухания не связана с необратимой потерей информации каждым из них. При подходящих условиях некоторые вклады можно отделять специальной последовательностью воздействий.

Именно поэтому слово «время» на графике требует пояснения. Определено ли оно из ширины спектральной линии, из затухания отклика после возбуждения или из специальной процедуры восстановления фаз? Сопоставляются ли одни и те же состояния? Без этих уточнений близкие обозначения способны скрывать разные физические величины.

Для книги это означает необходимость осторожно читать численные обещания. Утверждение о долгоживущем состоянии становится содержательным только вместе с описанием того, как оно было подготовлено, что наблюдали и какой процесс ограничивает срок его использования.

Марковское приближение часто упрощает расчёт, но его применимость необходимо обосновать. Оно не выражает универсального свойства всякого окружения: достаточно ли знать только текущее состояние системы, зависит от того, какие взаимодействия и временные масштабы существенны для выбранной задачи.

Если окружение сохраняет существенную память о взаимодействии, некоторые сведения могут позднее снова влиять на систему. Тогда затухание не обязано описываться одной экспонентой. Возможны более сложные временные зависимости, а одно число T_2 может передавать лишь часть картины. Для объяснения такой динамики понадобится более полная модель; простой замены одного характерного времени другим может быть недостаточно.

Однако память окружения не равна памяти личности. В физическом описании речь идёт о зависимости нынешних изменений от предшествующих взаимодействий. Эта зависимость может существовать у системы, которой никто не приписывает автобиографию или переживание. Поэтому слово «память» и здесь необходимо связывать с тем, какие различия сохраняются и как они проявляются.

Для гипотезы внешнего носителя это особенно полезное различение. Среда может удерживать физический след события, не сохраняя доступную организму запись его содержания. Возвращение части корреляций может менять отклик, не восстанавливая прежний опыт. Между такими эффектами и продолжением субъективной истории остаются отдельные звенья объяснения. Рассмотрение открытой

системы позволяет поставить эти вопросы точно, не отвечая на них заранее.

Температура не заменяет расчёт взаимодействия

В тёплой среде многие степени свободы активно возбуждены. Это может усиливать определённые возмущения. Однако температура сама по себе не задаёт скорость декогеренции. Существенно, насколько сильно выбранное состояние связано с этими возмущениями и какие частоты среды для него важны.

Сравнение энергии перехода с тепловым масштабом полезно при обсуждении населённостей и равновесия. Но оно не решает автоматически задачу о времени сохранения фазового отношения в любой неравновесной системе. Нужно описать, как состояние меняется во времени. Система может быстро терять нужные свойства при слабом тепловом возбуждении или сохранять отдельные свойства дольше благодаря особенностям взаимодействия.

Из этого не следует, что биологическая среда предоставляет готовую защиту. Нужно указать механизм защиты и убедиться, что он совместим с функцией. Если степень свободы почти не взаимодействует с окружением, её трудно не только разрушить, но и использовать для передачи сигнала.

Появляется знакомый компромисс. Носитель должен достаточно хорошо сохранять различия и одновременно достаточно быстро связывать их с другими процессами. Для интерфейсной гипотезы этот компромисс особенно важен: связь с внешним вкладом нельзя усилить без оценки того, какие дополнительные возмущения приходят через тот же физический путь.

Что показывает спор о мозговой декогеренции

Макс Тегмарк оценил очень короткие времена декогеренции для рассмотренных им моделей мозговых процессов и сопоставил их с более медленной нейронной динамикой. Его вывод был аргументом против определённых вариантов квантового вычисления в мозге. Это теоретический расчёт, зависящий от выбранных состояний и взаимодействий. [5]

Скотт Хаган, Стюарт Хамерофф и Яцек Тушинский оспорили ряд предпосылок такого расчёта применительно к предлагаемым ими состояниям микротрубочек и получили более длительные оценки. Они также обсуждали возможные условия дополнительной защиты. Их работа представляет теоретический ответ, а не прямое измерение времени когерентности сознательного мозга. [6]

Научный смысл спора не сводится к выбору более приятного числа. Разные расчёты необходимо привести к сопоставимым физическим условиям. Если оцениваются разные суперпозиции, разные расстояния

между альтернативами или разные связи со средой, различие времён может отражать различие моделей. Оно не является само по себе противоречием арифметики.

Следующий шаг должен уменьшать неопределённость именно этих предпосылок. Какие состояния реально доступны? Каковы свойства их окружения? Насколько предполагаемая защита сохраняется в живой ткани? Как связать выбранное состояние с измеряемым откликом? Без такой работы спор способен долго оставаться обменом несовместимых оценок.

Для авторской гипотезы это полезный урок. Нельзя выбрать из литературы самую большую оценку времени и объявить её временем жизни нужного носителя. Значение относится к конкретной модели и определённым условиям. Его перенос в другую конструкцию должен быть обоснован заново.

Время жизни имеет смысл вместе со временем действия

Допустим, когерентность сохраняется достаточно долго по меркам одной молекулярной реакции. Для медленной операции тот же срок может оказаться совершенно недостаточным. Поэтому важна не только абсолютная величина, но и отношение времени сохранения свойства ко времени его предполагаемого использования.

Обозначим время необходимого действия через τ. Если действие требует сохранения выбранной когерентности на всём своём протяжении, значение T_2 должно оцениваться относительно τ. Это лишь начальное условие. Даже благоприятное отношение времён не гарантирует точность операции, наличие нужной связи или способность системы извлечь результат.

Масштаб удобно увидеть на условном примере. Микросекунда (мкс) — миллионная доля секунды. Пусть действие занимает 1 мкс. При $T_2 = 10$ мкс к его завершению сохраняется около 90,5% исходного модуля ρ_{01}; при $T_2 = 0{,}1$ мкс — около 0,0045%. Это значения приведённой экспоненциальной модели при специально выбранных параметрах, а не измерения мозга. Нас интересует отношение времён: одинаковая длительность действия может оказаться малой или большой по сравнению со временем затухания.

Обратная ситуация тоже не всегда означает бесполезность эффекта. Короткий процесс может изменить вероятность реакции, после чего результат удерживается другим, более устойчивым способом. Тогда сравнивать время когерентности со всей длительностью поведения было бы неверно. Сравнение требуется с тем этапом, на котором квантовое свойство действительно используется.

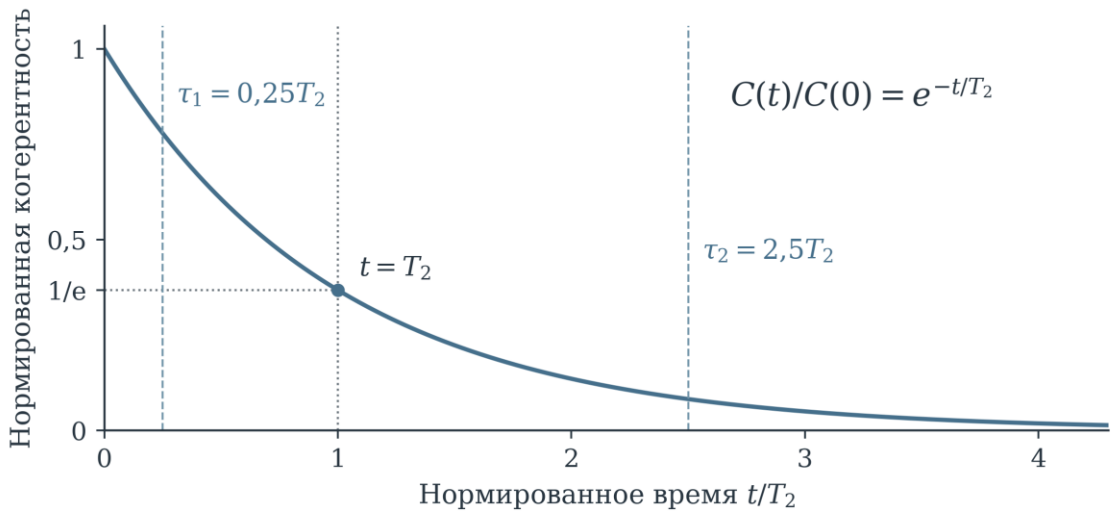


Рисунок 11. Учебная экспоненциальная модель. Время операции сопоставляют с затуханием нужной когерентности. T_2 — характерное время, а не момент мгновенного исчезновения свойства.

При построении модели мозга это открывает несколько возможностей. Квантовый процесс может быть локальным начальным звеном, повторяющимся преобразованием или длительным носителем информации. У каждой версии собственные временные требования. Поэтому утверждение о слишком коротком или достаточно долгом времени следует оценивать только после выбора архитектуры.

Однако архитектура не должна появляться исключительно ради спасения неудачного расчёта. Если долгую память заменяют цепочкой коротких событий, необходимо заново описать, как информация передаётся между ними и почему функция сохраняется. Название «непрерывное обновление» не выполняет эту работу само по себе.

Как различить сохранение состояния и устойчивость функции

Обычная функция организма может быть устойчива, хотя её молекулярные участники постоянно меняются. На уровне модели это означает, что сохраняется организация процесса, а не обязательно каждый физический элемент. Аналогично возможный квантовый механизм может воспроизводиться многократно, не поддерживая один неизменный квантовый объект.

Но устойчивость функции не позволяет автоматически заключить, что внутри непрерывно сохраняется квантовая когерентность. Функция может осуществляться через последовательность стадий, между которыми передаётся уже классический результат. Чтобы отличить

такие варианты, нужны измерения, чувствительные к предполагаемому квантовому ресурсу на нужном этапе.

Есть и ещё один уровень: устойчивость субъекта. Даже если определённая функция воспроизводится безошибочно, остаётся вопрос, почему её последовательные реализации относятся к одному переживающему существу. Физическое время когерентности не может заменить критерий личной непрерывности. Иначе длительность выбранного молекулярного процесса без доказательства превращалась бы в длительность существования «я».

Разделение этих уровней помогает избежать ложного выбора. Для существования устойчивого поведения не требуется неизменность каждого элемента. Но для модели, прямо связывающей единство сознания с определённым квантовым состоянием, разрушение именно этого состояния становится существенным событием, которое нельзя просто объявить неважным.

Когда время жизни позволяет проверить гипотезу

Полезное исследование должно связать время с функцией и конкретным условием. Если заявлено, что определённое состояние необходимо для определённого эффекта, модель должна заранее определить диапазон, в котором потеря состояния меняет этот эффект. Тогда измерение получает возможность ограничить гипотезу.

Для этого не обязательно начинать с целого сознательного организма. Физическое звено можно исследовать в более простой системе, где легче различить причины. Затем потребуется проверить, сохраняются ли нужные условия при переходе к клеточной среде и ткани. Каждый переход увеличивает реалистичность и одновременно добавляет конкурирующие процессы.

Неудача на раннем этапе может оказаться весьма содержательной. Если носитель не сохраняет нужное свойство даже в условиях, более благоприятных, чем предполагаемые биологические, выбранная реализация теряет поддержку. Если же свойство обнаружено, возникает основание исследовать следующий этап, но ещё не готовое объяснение субъективности.

Время становится частью причинного описания: оно определяет, что система успевает совершить и какие различия сохраняет. Теперь рассмотрим микротрубочки — одного из кандидатов на физический носитель — и проверим, что позволяют заключить измерения их оптических свойств.

Глава 7

Микротрубочки под светом

В оптической лаборатории белковый раствор можно осветить так, как он никогда не освещается внутри живого мозга. Это не делает опыт бессмысленным. Контролируемое возбуждение позволяет задать материалу определённый физический вопрос: куда уходит поглощённая энергия, как быстро она рассеивается, зависит ли результат от расположения молекул? Ответ характеризует возможности вещества. Чтобы узнать его роль в организме, затем потребуется выяснить, использует ли организм эту возможность.

Именно на этой границе находятся исследования оптических свойств микротрубочек. Они интересны для квантовой биологии, поскольку соединяют упорядоченную белковую архитектуру с молекулярными состояниями, способными поглощать и испускать свет. Для книги о сознании здесь появляется конкретный предмет исследования: физическая структура, её состояния и доступные измерению переходы. Теперь выражение «квантовые процессы в мозге» можно заменить вопросами о вполне определённом носителе.

Белковая архитектура

Микротрубочка состоит из повторяющихся белковых единиц тубулина. Для клеточной биологии это часть внутренней организации клетки, связанная, в частности, с транспортом и механическими свойствами. Для оптики та же структура представляет упорядоченное расположение молекулярных групп. Разные описания относятся к одному объекту, но выделяют разные свойства. Поэтому обнаружение интересной фотохимии не отменяет известных клеточных функций и само по себе не подтверждает новую функцию. [10]

Особое внимание привлекает триптофан. Его электронные состояния допускают поглощение ультрафиолетового света и последующее испускание. В белке свойства такой группы зависят от окружения: соседних групп, растворителя, геометрии и возможных путей потери энергии. При объединении белковых единиц в большую структуру меняется не только их число. Меняются расстояния и ориентации между группами, а вместе с ними — возможные взаимодействия. [10, 11]

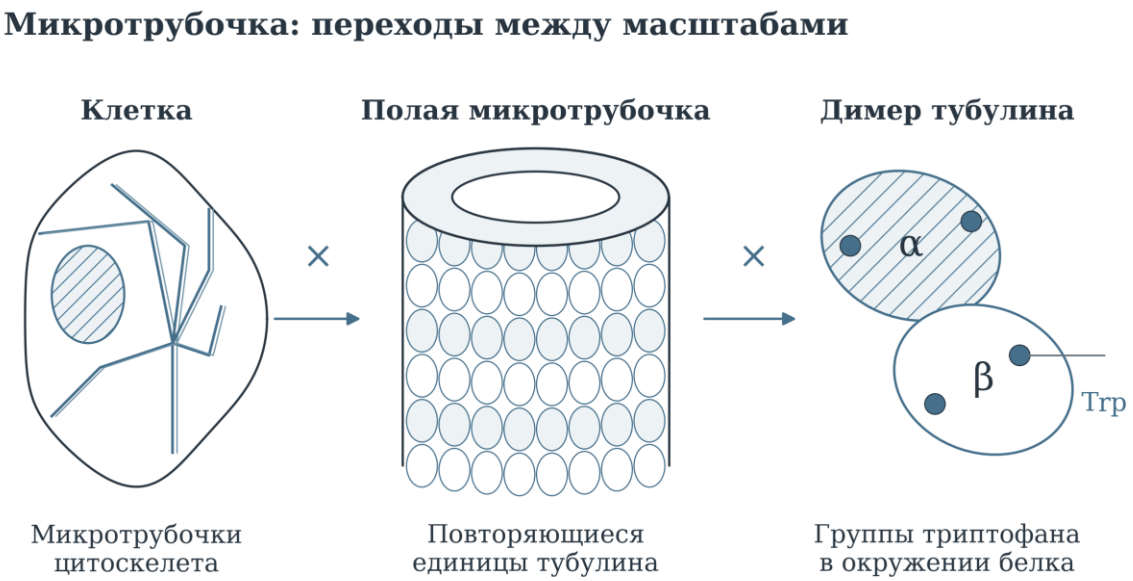


Рисунок 12. Схематические уровни организации микротрубочки: клеточный цитоскелет, полый полимер и димер α/β-тубулина. Группы триптофана и их окружение участвуют в оптических свойствах. Фрагменты показаны в разных масштабах; форма белка и отметки Trp условны. [10, 11]

Полезно мысленно разделить два вопроса. Первый: может ли возбуждение перейти от одной области структуры к другой? Второй: образует ли множество областей коллективное состояние, которое взаимодействует со светом иначе, чем сумма независимых элементов? Ответы могут быть связаны, однако это разные физические свойства. Перенос энергии не равен длительному хранению произвольной квантовой информации, а коллективное излучение не равняется наличию субъекта.

Исследование переноса энергии имеет самостоятельную ценность, даже если его связь с сознанием не установлена. Если геометрия белковой структуры управляет путями возбуждения, клеточная архитектура становится частью физической схемы обработки энергии. Следующий вопрос касается того, существует ли в организме источник нужных возбуждений и успевают ли они повлиять на другие процессы. В такой последовательности интерес к микротрубочкам получает измеримое содержание.

Как проследить невидимый перенос

В работе Аарата Калры и коллег изучались времена автофлуоресценции триптофана и влияние молекул, гасящих возбуждение. Из изменения свечения авторы оценивали перенос электронной энергии в тубулине и микротрубочках. В исследованных

условиях характерная длина диффузии возбуждения в микротрубочках составляла около 6,6 нанометра. Этомидат и изофлуран уменьшали этот перенос. Авторы также сообщили, что использованное ими обычное описание переноса по Фёрстеру не полностью воспроизводило наблюдения. [10]

Здесь измеряется не маршрут каждого отдельного возбуждения. Регистрируются оптические сигналы, а затем с помощью модели делается вывод о переносе. Такой переход обычен в физике: прибор показывает величину, из которой исследователь восстанавливает свойства процесса. Надёжность вывода зависит от калибровки, контроля альтернатив и того, насколько однозначно наблюдаемый сигнал определяет искомый механизм.

Мысленный пример помогает увидеть значение гашения. В структуру вводится дополнительная возможность потери возбуждения. Если возбуждение остаётся около места возникновения, результат будет одним. Если оно успевает исследовать более широкую область, вероятность встретить гаситель меняется. По зависимости от количества гасителя можно оценить подвижность энергии, но для этого приходится учитывать и другие причины изменения свечения.

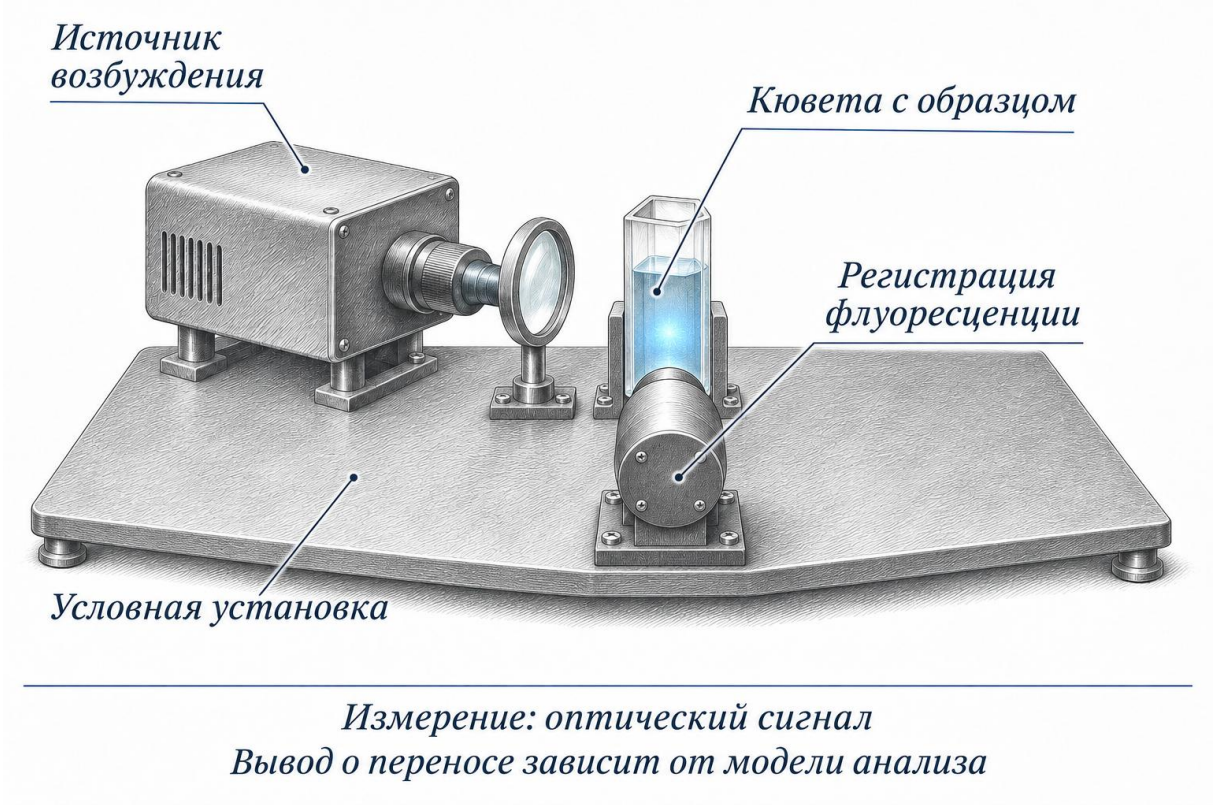


Рисунок 13. Принцип измерения и модельного вывода. Прибор регистрирует флуоресценцию; свойства переноса возбуждения оценивают по изменению сигнала, в том числе при добавлении гасителя, и выбранному описанию процесса [10]. Показана условная установка с боковым сбором флуоресценции, а не реконструкция оборудования конкретной работы. Траектория отдельного возбуждения непосредственно не изображается.

Нанометр кажется ничтожным расстоянием в масштабе мозга. В молекулярном масштабе он может охватывать несколько взаимодействующих элементов. Поэтому физическую значимость следует оценивать относительно устройства предполагаемого механизма. Однако из переноса на несколько нанометров нельзя получить согласование всего мозга простым умножением расстояний. Для перехода к более крупному масштабу потребуются дополнительные связи, время и способы сохранения значимого состояния.

Что означает коллективное излучение

Когда взаимодействующие излучатели образуют коллективное состояние, скорость излучения может отличаться от скорости отдельного элемента. Некоторые состояния оказываются яркими: их вклад в общий оптический отклик усиливается. Другие оказываются слабо связанными со светом. Такие возможности следуют из взаимодействия и геометрии системы; описывать их как совместное намерение молекул было бы лишним одушевлением. [11]

Натан Бэбкок и коллеги исследовали модель больших сетей триптофана и сопоставили её с измерениями флуоресценции тубулиновых структур. Модель предсказывала коллективные излучательные состояния, а эксперименты показывали изменения квантового выхода при переходе между уровнями организации. Авторы интерпретировали согласие как свидетельство последствий суперрадиантного поведения. [11]

Квантовый выход флуоресценции — доля поглощённых возбуждений, заканчивающихся испусканием света. Это характеристика пути расходования энергии. В простейшей модели с конкурирующими каналами её можно выразить так:

$$\eta = \frac{k_r}{k_r + k_{nr}}.$$

Здесь η — квантовый выход, k_r — константа скорости излучательного распада, а k_{nr} — суммарная константа скорости безызлучательных потерь. Обе константы имеют размерность обратного времени. В этой упрощённой кинетической схеме выход увеличивается как при ускорении излучательного распада, так и при ослаблении конкурирующих потерь. Поэтому одного значения η недостаточно, чтобы различить эти причины. [11]

Следовательно, повышенная яркость сама по себе ещё не сообщает, какой из механизмов изменился. Понадобятся дополнительные характеристики, например времена жизни возбуждения и независимая оценка поглощения. Если предполагается коллективное ускорение излучения, проверка должна различать его и более обычное уменьшение безызлучательных потерь. Именно такое различение

превращает эффект из привлекательной картинки в установленный механизм.

В этой простой схеме две причины можно разделить, если вместе с квантовым выходом измерить время жизни возбуждения τ_f. При единственном экспоненциальном распаде τ_f = 1/(kᵣ + kₙᵣ), поэтому kᵣ = η/τ_f и kₙᵣ = (1−η)/τ_f. Например, условные η = 0,30 и τ_f = 3 нс дают 0,10 и примерно 0,233 нс⁻¹ соответственно. Так дополнительное измерение превращает неоднозначную яркость в оценку двух скоростей. Для неоднородного образца, нескольких времён распада или повторного поглощения света эти равенства уже требуют расширения модели; само измерение τ_f не устраняет поправки на рассеяние.

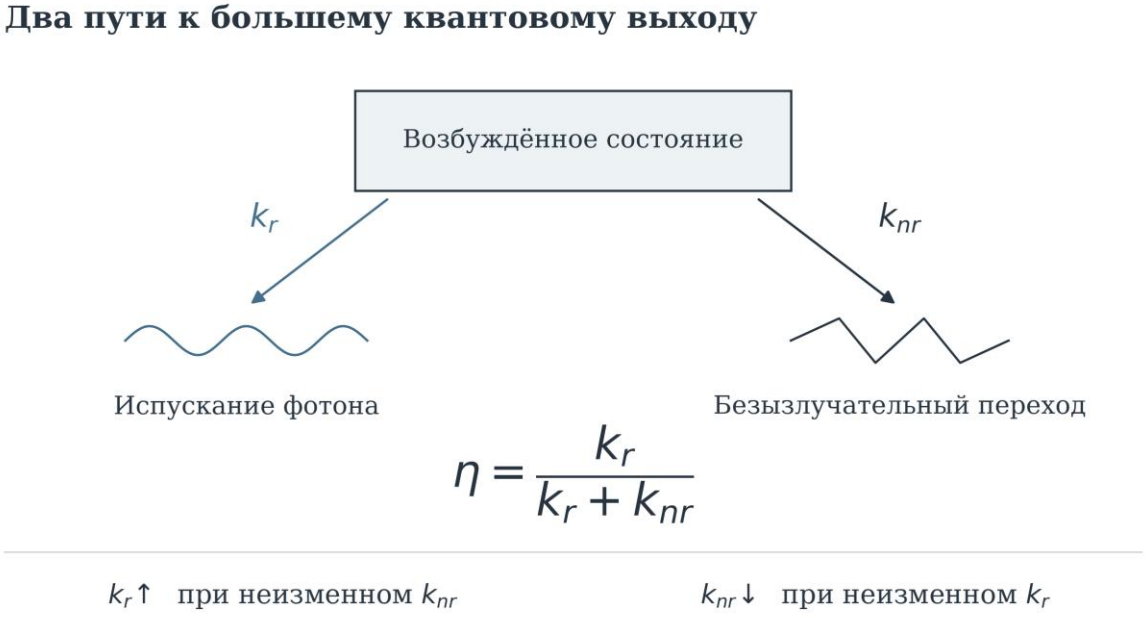


Рисунок 14. Два пути увеличения квантового выхода в упрощённой кинетической модели. Более высокая доля испущенных фотонов сама по себе не различает усиление излучательного канала и ослабление безызлучательных потерь.

Свет может обмануть прибор

Биологический образец не только поглощает и испускает. Он рассеивает свет. Часть излучения меняет направление, и прибор может принять этот эффект за изменение поглощения или количества испущенных фотонов. Значение имеет также геометрия измерения: где расположен детектор, какова толщина слоя образца, как распределены белковые структуры. Это не второстепенные технические подробности, если вывод касается небольшого различия между двумя состояниями вещества.

В препринте Леа Гассаб и Трэвиса Крэддока 2026 года моделирование тубулиновых структур сопоставляется с ультрафиолетовой спектроскопией. Авторы рассматривают изменение выхода

флуоресценции, влияние добавленного триптофана и ограничения, связанные с рассеянием. Они отдельно обсуждают необходимость дальнейших измерений для разделения возможных механизмов. Работа показывает, как первоначальную интерпретацию можно сделать более конкретной, сохранив внимание к неопределённости измерения. [13]

Представим два одинаковых источника света за разными стёклами. Если одно стекло направляет больше света в детектор, прибор зарегистрирует усиление, хотя сами источники не изменились. Белковый раствор устроен сложнее, но логическая проблема та же: путь от источника к детектору входит в объяснение результата. Его нельзя считать прозрачным только потому, что интерес исследователя направлен на молекулы.

Поэтому удачная проверка предполагаемого эффекта должна выдерживать изменение измерительной геометрии и способа анализа. Если вывод сохраняется лишь при одном способе поправки на фон или в одном диапазоне длин волн, область его применимости ограничена. Если разные способы измерения сходятся, физическое объяснение становится сильнее. Требовательность к оптике здесь помогает самой гипотезе, поскольку убирает ложные направления дальнейшего поиска.

Путь из пробирки в клетку

Между молекулярным эффектом и функцией сознательного мозга лежит несколько переходов. Сначала необходимо показать, что носитель сохраняет нужные свойства в клеточном окружении. Затем — что возникает подходящее возбуждение. После этого — что его изменение влияет на процесс, связанный с работой нейрона. И только далее можно выяснять, относится ли этот путь к состоянию или содержанию переживания.

Эти переходы нельзя заменить одной корреляцией с анестезией. Вещество может влиять на несколько клеточных мишеней, а изменение оптического сигнала может сопровождать изменение других свойств белка. Возникает вопрос причинного посредничества: именно ли наблюдаемый фотопроцесс необходим для дальнейшего эффекта? Ответ потребует вмешательства, которое достаточно избирательно меняет этот процесс и позволяет проследить последствия.

Например, в воображаемой модели перестройка молекулярной геометрии одновременно меняет механическую устойчивость и оптическое взаимодействие. Если после неё нейрон работает иначе, обе причины остаются возможными. Убедительность возрастёт, если удастся разделить эти изменения: сохранить механику при изменённой оптике или найти другой способ восстановить предполагаемый оптический путь. Это логика будущего исследования, а не описание уже выполненного опыта.

Связь с более широким физическим носителем предъявит ещё одно требование. Нужно будет установить, что соответствующие состояния

участвуют во взаимодействии с этим носителем, а не только обмениваются энергией внутри белка. Само нахождение структуры внутри нейрона не делает её приёмником сознания. Микротрубочка становится кандидатом на часть интерфейса лишь тогда, когда у модели появляются определённый вход, преобразование и измеримый выход.

Даже слово «чувствительность» здесь требует уточнения. Структура может заметно реагировать на сильное лабораторное воздействие и почти не реагировать на естественные колебания предполагаемого поля. Поэтому надо сопоставлять величины: сколько энергии получает образец в опыте, какова ожидаемая интенсивность внутри клетки, насколько велик фон. Эти сравнения не обесценивают лабораторный результат. Они определяют, какую часть природного процесса он действительно моделирует.

Предположим, обнаружен узкий диапазон частот, при котором отклик особенно выражен. Возникает соблазн назвать его частотой сознания. Но резонанс характеризует способ взаимодействия системы с воздействием. Чтобы связать этот резонанс с переживанием, потребуется показать устойчивую связь с независимо определённым состоянием или содержанием опыта. Иначе один и тот же эффект мог бы наблюдаться в белковом растворе, клетке и техническом устройстве без основания приписывать им одинаковую субъективность.

Помимо интенсивности и частоты воздействия, необходимо сопоставить временные масштабы процессов. Краткий молекулярный отклик может запускать более долгий биохимический процесс, если существует усиление или закрепление. Но это не позволяет считать длительность последующего процесса временем жизни исходной когерентности. Связь между быстрым и медленным звеном сама является частью объяснения. Указать такой переход обычно труднее, чем обнаружить красивый спектральный пик, зато именно он придаёт физическому явлению функциональное значение.

Как может развиваться сильная версия

Сильная версия микротрубочковой гипотезы должна выдвигать конкретное утверждение, которое опыт способен подтвердить или поставить под вопрос. Например, определённая конфигурация белка создаёт коллективное состояние; его время жизни и спектр задают диапазон чувствительности; изменение этой конфигурации предсказуемо влияет на клеточный процесс. Такая цепочка допускает проверку каждого звена и показывает, где именно модель столкнулась с данными.

На этом уровне особенно полезны отрицательные результаты. Если коллективное оптическое состояние существует, но исчезает в среде, приближённой к клеточной, круг биологических применений сужается. Если оно сохраняется, но изменение состояния не влияет на выбранную функцию, следует искать другую функцию или признать, что

специальной роли здесь нет. Если функция обнаружена, возникает следующая задача — определить её отношение к нейронной организации и переживанию.

Возможен и положительный результат, меняющий всю постановку вопроса. Оптика белка может оказаться существенной для клеточной регуляции, но не для внешнего источника сознания. Тогда исследование принесёт открытие, хотя исходное философское ожидание не оправдается. Наука не обязана сохранять путь, которым возник вопрос; ей достаточно сохранить проверяемую связь между объяснением и наблюдением.

Микротрубочки показывают, насколько содержательным становится обсуждение после выбора физического носителя. Вместо общего образа появляются спектры, скорости, геометрия и конкретные альтернативы. Однако даже точно измеренный квантовый эффект ещё не отвечает на вопрос, кто является наблюдателем. Следующая глава разбирает само слово «наблюдение»: какую роль в нём играет физическое взаимодействие и какую — человек, читающий показания прибора.

Глава 8

Наблюдатель без человека

Детектор может оставить запись ночью, когда лаборатория пуста. Утром исследователь прочитает её, сравнит с другими записями и сделает вывод. В стандартном квантовом описании момент человеческого ознакомления не вводится в уравнение как особое воздействие. Измерительное взаимодействие происходит между физическими системами, а человек узнаёт о его результате позже. Уже этого различия достаточно, чтобы осторожнее употреблять выражение «сознание наблюдателя».

Для исследования сознания вопрос особенно соблазнителен. Если квантовая теория использует слово «наблюдение», а человек способен наблюдать, может показаться, что теория уже нашла для переживания фундаментальное место. Однако одинаковое слово не гарантирует одинакового понятия. Прежде чем связывать их, необходимо понять, что именно делает измерение физическим процессом и что остаётся открытым после его математического описания.

Запись возникает во взаимодействии

В простейшей модели измерения состояние системы связывается с состоянием прибора. Разным возможным значениям измеряемой величины соответствуют различимые состояния указателя. Если система находилась в суперпозиции, совместное квантовое описание в общем случае содержит корреляции между её состояниями и состояниями прибора. Затем прибор взаимодействует с окружением, и сведения о результате распространяются по другим физическим степеням свободы. [14]

Это описание объясняет, почему измерение нельзя считать невесомым взглядом. Прибор должен физически взаимодействовать с объектом. Фотон поглощается, заряд переносится, молекула меняет состояние. Даже когда взаимодействие очень слабо, его роль определяется возможностью связать различие в системе с различием в записи. Без такой связи никакой информации о выбранной величине получить нельзя.

Мысленно заменим исследователя автоматической программой, которая считывает детектор и закрывает затвор. Затем заменим программу простым электронным реле. Физическая схема продолжает работать, пока сохранены необходимые взаимодействия. Для расчёта измеряемых вероятностей не приходится определять, испытывает ли реле что-либо. Поэтому человеческое самосознание не является обязательным элементом стандартной процедуры квантового измерения.

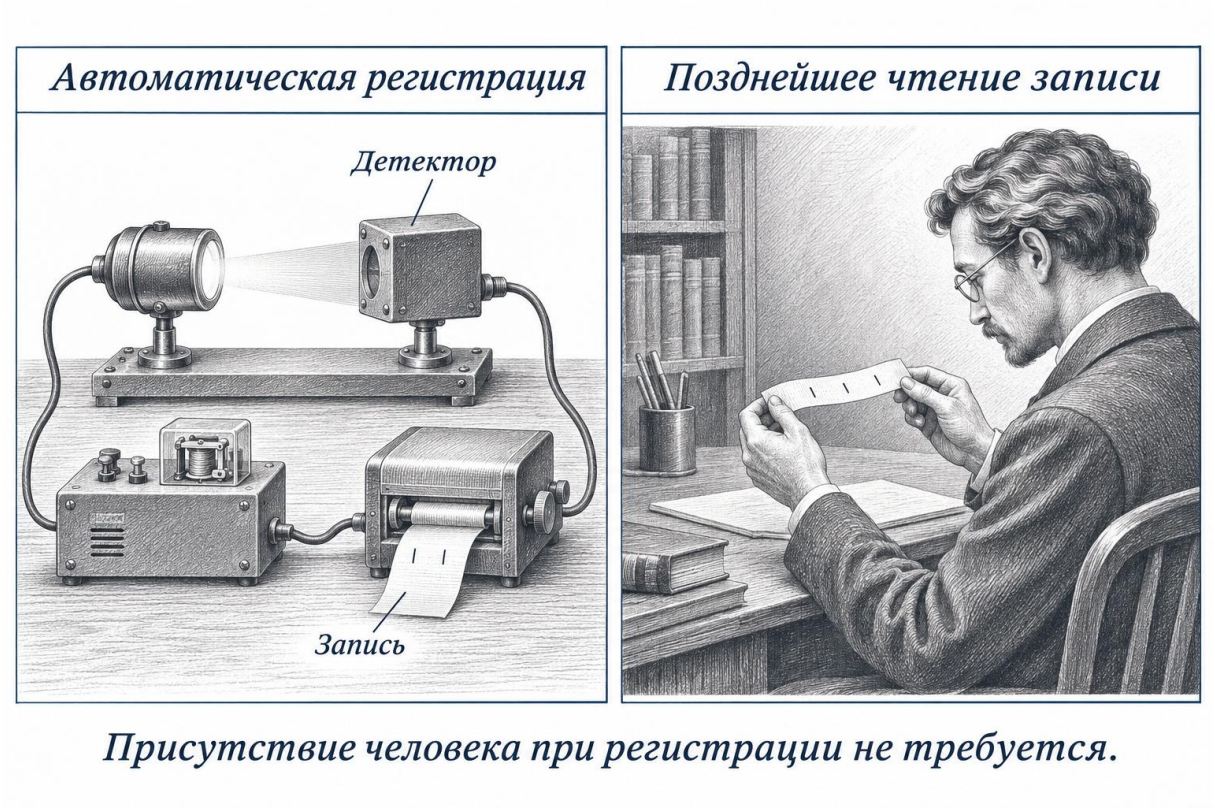


Рисунок 15. Физическая регистрация и чтение результата разделены во времени. В стандартной модели измерения запись создаётся взаимодействием систем; присутствие человека у прибора в этот момент не требуется [14]. Устройство и отметки на бумаге показаны условно и не воспроизводят данные конкретного опыта.

Здесь удалось разделить два вопроса: как возникает измерительная запись и почему некоторые процессы сопровождаются переживанием. Первый вопрос допускает физическое описание без обращения к человеческому самосознанию. Второй остаётся открытым. Теория, в которой сознание меняет квантовую динамику, должна предложить конкретный закон и новые проверяемые последствия. Одного слова «наблюдатель» для этого недостаточно.

Декогеренция и выбор результата

Декогеренция описывает утрату доступных интерференционных отношений в выбранной подсистеме из-за её взаимодействия с окружением. В результате определённые альтернативы начинают вести себя для локального наблюдения как статистическая смесь. Здесь существенно выражение «для выбранной подсистемы»: описание всего составного объекта и описание одной его части решают разные задачи. [14]

Этот процесс помогает понять устойчивость повседневных записей. Чтобы восстановить интерференцию между макроскопически различными записями, пришлось бы контролировать огромное число связей с окружением. При обычных условиях такая возможность отсутствует. Однако объяснение практической недоступности

интерференции ещё не исчерпывает вопрос, почему опыт дан как один определённый исход. Интерпретации квантовой теории по-разному описывают этот переход.

Для дальнейшего рассуждения полезна сдержанность в обе стороны. Нельзя объявить, что декогеренция вообще ничего не объясняет: она описывает вполне определённую физическую динамику. Но нельзя и поручить ей ответ на любой вопрос о переживании. Успех одного уровня объяснения не устраняет необходимость другого. Теория интерфейса должна указать, на каком именно уровне она добавляет механизм.

Можно представить, что дополнительный носитель влияет на вероятность исходов. Тогда нужно объяснить, как получаются наблюдаемые вероятности, когда носитель недоступен прямому контролю, и при каких условиях возникнет отклонение. Можно предположить, что физические вероятности не меняются, а меняется только описание их отношения к переживанию. Тогда экспериментальные возможности будут другими. Эти две версии нельзя считать одной теорией лишь потому, что обе используют слово «сознание».

Запутанность отличается от согласованности

Две системы могут давать похожие результаты по обычной причине: у них был общий источник или они взаимодействовали раньше. Если в два конверта положены заранее согласованные числа, открытие одного позволяет предсказать содержимое второго. Но эта аналогия не воспроизводит всех квантовых корреляций при разных способах измерения. Именно возможность менять измерительные настройки делает проверку содержательной.

Неравенства Белла задают ограничения на корреляции для определённого класса локальных моделей при оговорённых предпосылках, включая независимость выбора настроек от соответствующих скрытых переменных. Квантовая теория допускает нарушение этих ограничений. Поэтому эксперимент проверяет не абстрактное «единство всего», а конкретную структуру статистических зависимостей между настройками и результатами.

В 2015 году Бас Хенсен и коллеги выполнили тест с электронными спинами, разделёнными расстоянием 1,3 километра. Схема одновременно закрывала основные лазейки, связанные с эффективностью регистрации и локальностью измерений. Полученное нарушение неравенства Белла поддержало квантовое описание корреляций против проверявшегося класса локальных моделей. В опыте не измерялись ни мысли людей, ни связь личностей через расстояние. [20]

Для исследования живых систем это задаёт высокий стандарт. Синхронные колебания двух нейронных популяций ещё не являются свидетельством запутанности. Сходство рассказов двух людей — тем

более. Каждый такой результат допускает множество обычных причин, начиная с общего воздействия и заканчивая особенностями отбора данных. Заявленное квантовое свойство должно иметь собственный критерий, который действительно отличает его от рассматриваемых альтернатив.

Почему корреляция не передаёт сообщение

Если две части системы запутаны и результат измерения первой известен, это знание позволяет уточнить предсказание результата измерения второй. Однако человек, располагающий только второй частью, не получает таким способом управляемое сообщение. Ему недоступна необходимая сортировка данных по результатам удалённого измерения. Чтобы выполнить её, нужно передать дополнительную информацию обычным физическим каналом. [14]

Простой мысленный опыт показывает различие. Два исследователя заранее договариваются считать один результат буквой «А», другой — буквой «Б». После разделения систем первый исследователь измеряет свою часть. Если он не может выбирать получаемый результат, договорённость не превращается в способ отправить желаемую букву. Второй видит последовательность результатов, из которой нельзя извлечь выбранное первым сообщение.

Постотбор иногда создаёт впечатление обратного. После опыта можно выбрать только те события, в которых на первой стороне получен определённый исход. Условная статистика второй стороны изменится. Но сам список выбранных событий нужно сообщить второй стороне, а значит, процедура уже использует дополнительный канал. Информация появляется не бесплатно: она поступает вместе с условием отбора.

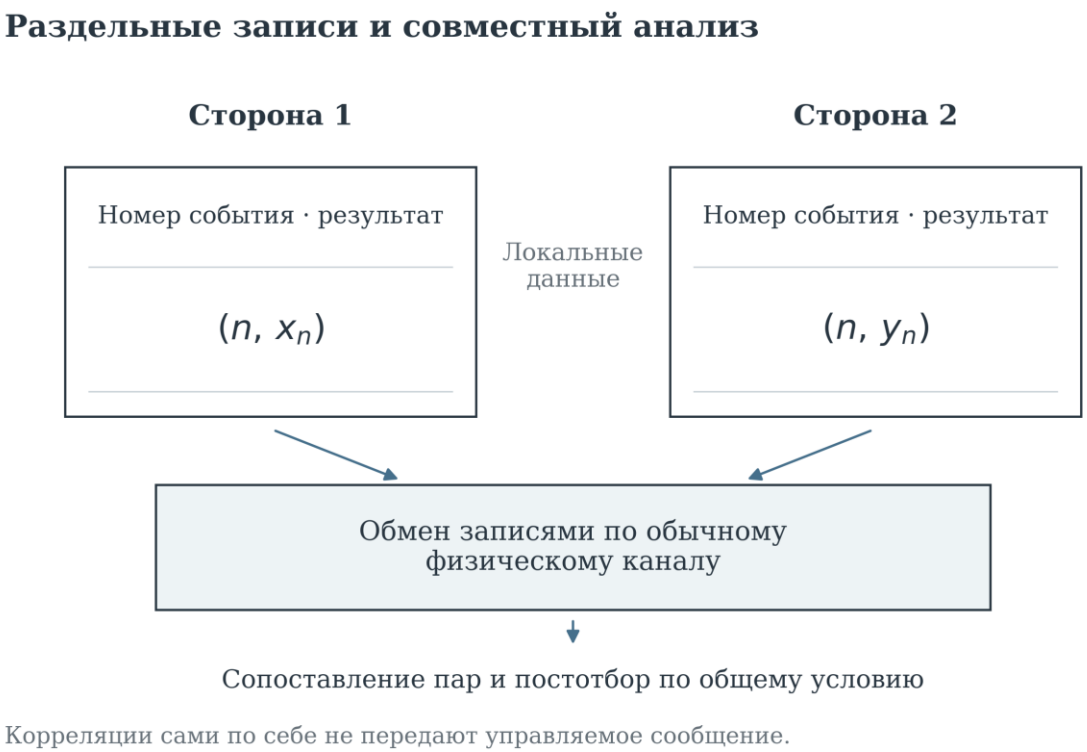


Рисунок 16. Чтобы сопоставить удалённые результаты и выполнить постотбор, нужно обменяться записями по физическому каналу. Одни квантовые корреляции не дают управляемого сообщения на другой стороне.

Отсюда следует конкретное ограничение для внешнего сознания как физического источника. Если оно должно выбирать действия организма, в системе должен существовать способ передать различие между выборами. Одна только запутанность такого управляемого канала не предоставляет. Модели понадобится обычное взаимодействие, допустимый квантовый канал или явно сформулированное изменение стандартной динамики. Последний вариант особенно требователен, поскольку его последствия не должны противоречить уже проверенным ограничениям.

Важное различие возникает между знанием и воздействием. Когда исследователь узнаёт результат на удалённой стороне, меняется его описание доступных возможностей. Но изменение описания ещё не является физическим сигналом, поступившим к другой системе. В повседневной жизни эти события часто происходят вместе: сообщение приносит новое знание и одновременно представляет физический сигнал. В обсуждении запутанности их приходится разделять особенно строго.

Представим, что организм должен выбрать между двумя движениями по команде внешнего носителя. Наблюдаемая вероятность движения должна зависеть от того, какую команду выбрал носитель. Если локальная статистика организма одинакова при обоих выборах, управляемое различие не поступило. Последующее обнаружение

корреляций может сообщить о совместной структуре данных, но не объясняет выбор движения в нужный момент.

Это не запрещает строить модель взаимодействующей составной системы. Напротив, обычные каналы позволяют передавать информацию, а квантовые технологии используют и корреляции, и реальные взаимодействия. Ограничение относится к попытке получить управление только из существования запутанности. Отказ от такой попытки делает гипотезу конкретнее: приходится описывать, что именно связывает подсистемы и с какой задержкой распространяется влияние.

Если предполагается носитель вне обычного пространственного описания, задача не исчезает. Нужно определить правила связи между его состояниями и наблюдаемыми событиями. Пока таких правил нет, слово «вне» не объясняет, почему организм получает именно эту информацию. Оно обозначает место незавершённой части модели. После появления правил можно исследовать их совместимость с причинностью и экспериментальными вероятностями.

Общий носитель и отдельные точки зрения

Предположение о фундаментальном основании переживания может быть шире гипотезы о передаче сообщений. Возможно, сознание связывается с определённой организацией целого, а тело задаёт локальный способ доступа к его состояниям. Такая мысль логически возможна, но для неё необходимо различить физическую корреляцию, функциональную доступность информации и субъективную принадлежность опыта.

Представим единый физический объект с двумя слабо связанными подсистемами. Они могут иметь общее прошлое и некоторые корреляции. Одна подсистема при этом способна использовать лишь малую часть информации о другой. Даже если в общем описании существует запутанность, из неё ещё не следует, что обе части образуют одну точку зрения. Для такого вывода нужен дополнительный принцип о том, какие физические отношения соответствуют единству переживания.

Этот принцип должен определять границу. Почему в один субъект включаются определённые процессы организма, а процессы комнаты обычно не становятся частью того же опыта? Почему изменение доступности информации может менять поведение, но не обязательно создавать нового субъекта? И почему общий источник физических состояний не означает наличия общей человеческой памяти? Такие вопросы нельзя решить одним указанием на целостность квантового состояния.

Здесь гипотеза интерфейса получает возможность стать точнее. Она может связывать индивидуальный опыт не с любой корреляцией, а с определённой формой устойчивого взаимодействия, памятью и организацией обратных связей. Тогда математическое описание

состояния внешнего носителя становится лишь частью модели. Другая часть должна объяснять, как возникает отдельный центр различения и почему его история не смешивается произвольно с историей остальных.

Что должен добавить сознательный наблюдатель

Теории сознания недостаточно воспроизвести работу детектора. Необходимо объяснить, почему некоторые процессы соответствуют переживанию, а другие служат лишь условием регистрации. Можно попытаться вывести это из организации информации, из причинной структуры или из дополнительного психофизического закона. Но каждый путь требует аргумента, связывающего физическое описание с качественной стороной опыта.

Особенно важно избегать замкнутого определения: сознательна система, вызывающая коллапс, а коллапс вызывается сознательной системой. Такое определение не позволяет независимо установить ни одну сторону. Для выхода из круга понадобится либо самостоятельный физический критерий редукции, либо самостоятельный критерий состояния системы, после чего можно проверять их связь. Поэтому гипотезы объективной редукции и идеи о человеческом внимании как причине измерения нужно рассматривать отдельно.

Квантовая теория действительно меняет привычные представления о состоянии, вероятности и разделимости. Благодаря ей можно формулировать гораздо более тонкие модели взаимодействия организма со средой. Но расширение физического языка приносит новые обязанности: соблюдать ограничения связи, различать условные и локальные статистики, указывать проверяемое свойство носителя. Именно эти обязанности делают квантовую гипотезу научно интересной.

В теории Пенроуза и Хамероффа предполагается, что редукция квантового состояния — реальное физическое событие, связанное с фундаментальными свойствами пространства и времени. Тем самым вопрос о сознании соединяется с гипотезой о новом физическом механизме. Следующая глава рассматривает эти два звена по отдельности: если механизм существует, его можно искать независимо от того, какое объяснение сознания в итоге окажется верным.

Часть третья

Теории и сопротивление фактов

Глава 9

Предложение Пенроуза и Хамероффа

Некоторые теории сознания пытаются найти нужную организацию внутри уже принятого физического описания. Другие предполагают, что само описание пока неполно. Orch OR принадлежит ко второму направлению: в ней вопрос о переживании соединяется с вопросом о том, почему квантовые альтернативы уступают место определённому исходу. Такое соединение делает гипотезу необычно смелой и одновременно создаёт несколько независимых обязательств.

Чтобы оценить эту программу, её полезно разложить на части. Одна касается фундаментального закона. Другая — биологического носителя. Третья связывает предполагаемое физическое событие с моментом опыта. Части должны согласовываться, но ни одна не становится подтверждённой только потому, что другую удалось выразить математически.

Три звена одной гипотезы

В изложении Стюарта Хамероффа и Роджера Пенроуза предполагаемые квантовые процессы в микротрубочках организуются биологической средой, а их завершение связывается с объективной редукцией квантового состояния. Слово «объективная» означает, что редукция должна происходить как физическое событие, а не зависеть от присутствия человека у прибора. Биологическая организация призвана сделать такие события функционально значимыми для нейрона и сознательного опыта. [4]

Само это описание ещё не определяет необходимые наблюдения. У разных звеньев должны быть разные признаки. Для носителя важны состав и физическое состояние. Для редукции — закон динамики и последствия, отличающие его от обычного взаимодействия с окружением. Для связи с сознанием — объяснение того, почему событие относится к конкретному переживанию, а не просто меняет материальную систему.

Представим устройство, которое содержит нужные белковые структуры, но не обладает организацией мозга. Если в нём обнаружится

предполагаемый физический процесс, это поддержит физическую часть модели. Вопрос о переживании останется отдельным. И наоборот, обнаружение сложной нейронной активности при сохранённом сознании не показывает автоматически, какой микроскопический механизм делает её возможной.

Такое разделение полезно и сторонникам, и критику. Оно не позволяет объявить всю программу подтверждённой по одному эффекту, но также не позволяет отвергнуть любое исследование белковой физики из-за сомнения в теории сознания. Программа может распасться: одни идеи сохранят значение, другие окажутся лишними. Для научной гипотезы это обычный способ уточнения.

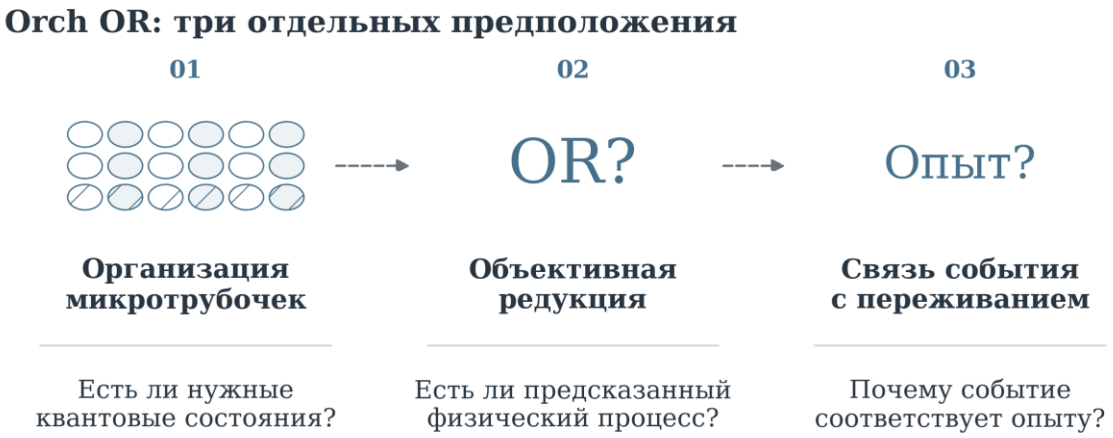


Схема гипотезы [4]. Каждое звено требует собственной проверки.

Рисунок 17. Orch OR соединяет биологический носитель, гипотезу объективной редукции и предположение о связи с переживанием. Поддержка одного звена не подтверждает автоматически остальные.

Время до редукции

В предложении о гравитационно связанной объективной редукции характерное время обычно оценивается соотношением:

$$\tau \sim \frac{\hbar}{E_G}.$$

Здесь τ — предполагаемое характерное время редукции, $\hbar$ — постоянная Планка, делённая на 2π, а E_G — гравитационная энергия, связанная с различием распределений массы в рассматриваемых альтернативах. Это эвристическое соотношение в рамках соответствующей гипотезы; оно не является установленным универсальным законом сознания. [4, 23]

Главная трудность скрывается в выборе альтернатив. Нельзя подставить в формулу массу мозга и получить время мысли. Нужно описать, какие именно распределения массы участвуют в суперпозиции, насколько они различаются и какие масштабы существенны. Изменение

этих предпосылок меняет энергетическую оценку, а вместе с ней — ожидаемое время.

Размерность формулы правильна: постоянная Планка имеет размерность энергии, умноженной на время. Но размерностная согласованность лишь необходима для физического смысла. Множество неверных моделей тоже можно записать с правильными единицами. Убедительность появляется, когда независимо определённые параметры позволяют предсказать наблюдение, которое не использовалось для их выбора.

Особенно опасен обратный путь: взять желаемую длительность переживания и затем подобрать распределение массы, которое даёт эту длительность. Такой расчёт показывает возможность согласования, но не устанавливает механизм. Проверка должна хотя бы частично идти в противоположную сторону — от свойств носителя к времени и другим последствиям процесса.

Даже совпадение временных масштабов допускает несколько причин. Сеть может задавать ритм, которому подчиняется молекулярная динамика; молекулярный процесс может ограничивать сеть; оба процесса могут зависеть от третьего условия. Поэтому сходные периоды не определяют направление причинности. Для его выяснения требуется вмешательство или иной способ сравнить несовместимые прогнозы.

Возможная проверка должна также учитывать распределение времён, а не только среднюю величину. Две модели способны дать одинаковое среднее, различаясь разбросом, зависимостью от температуры или изменением геометрии носителя. Эти дополнительные характеристики иногда оказываются более полезными для различения моделей, чем совпадение с привычным ритмом мозга. Они заставляют физическую модель предсказывать целую закономерность, а не одно удобное число.

Так формула становится началом расчёта. Она задаёт связь между величинами, но оставляет задачу определить их независимо. Только после этого можно решить, объясняет ли предполагаемый процесс наблюдаемую временную организацию или лишь допускает её при специально выбранных условиях.

Что должна делать биологическая организация

В слове «оркестрованная» легко услышать образ внутреннего дирижёра. Однако для физической модели нужно другое содержание: определённая организация взаимодействий, поддержка состояния, управление переходами и связь с клеточной функцией. Ни один из этих процессов не требует приписывать молекуле намерение. Требуется показать, какие особенности живой структуры меняют доступную динамику.

Возможный механизм должен решать задачу подготовки. Как система попадает в нужное состояние? Затем возникает задача сохранения:

какие воздействия его разрушают, а какие совместимы с необходимой динамикой? После этого — задача выхода: каким образом результат становится значимым для других процессов клетки? Если последнее звено отсутствует, даже интересная квантовая динамика может оставаться функционально изолированной.

Здесь появляется существенное напряжение. Сильное взаимодействие с клеточным окружением удобно для влияния на биологию, но оно же может разрушать те свойства, ради которых квантовый носитель вводился. Слабое взаимодействие помогает изоляции, но затрудняет подготовку и считывание. Модель должна найти физически допустимое сочетание, а не независимо выбрать лучшие свойства обоих пределов.

Представим две условные конфигурации носителя. Первая долго сохраняет нужное состояние, но почти не влияет на клетку. Вторая эффективно запускает биохимический ответ, но теряет состояние слишком рано. Наличие каждой конфигурации по отдельности не доказывает существование рабочего цикла. Нужен механизм переключения или иной способ связать подготовку, сохранение и выход в одной системе.

Почему спор о декогеренции не заканчивает вопрос

Макс Тегмарк и авторы последующего ответа — Скотт Хаган, Стюарт Хамерофф и Яцек Тушинский — получили разные оценки декогеренции при различающихся предпосылках о состоянии и окружении. Этот спор относится к конкретным физическим моделям. Он не даёт единственного измеренного времени, которое можно применить ко всем возможным квантовым процессам в мозге. [5, 6]

Для оценки Orch OR поэтому недостаточно произнести «слишком тепло» или, наоборот, «клетка защищает когерентность». Необходимо сопоставить именно те состояния и времена, которые использует выбранная версия. Если предполагаемая операция занимает существенно больше времени, чем сохраняются нужные отношения, механизм не работает в этой форме. Если времени хватает, остаются подготовка, считывание и функциональная связь.

Сохранение квантового свойства делает предполагаемый механизм возможным, но ещё не подтверждает всю теорию. Сходное различие существует в инженерии: материал может выдерживать нужную температуру, но из этого не следует, что собранный из него двигатель работает. Отдельное ограничение снято; другие ограничения никуда не исчезли.

Такой подход удерживает исследование от крайностей. Он не исключает необычный носитель по слишком общей оценке и не объявляет его успешным после одного подходящего числа. Для каждой версии можно составить внутренне согласованное описание, а затем определить, какое измерение сильнее всего уменьшит

неопределённость. Иногда решающим окажется вовсе не эффектное наблюдение, а точная оценка потерь.

Редукцию можно искать вне мозга

Если объективная редукция является новым физическим процессом, её последствия не обязаны проявляться только в сознательных организмах. Именно это даёт возможность проверять физическую часть гипотезы независимо от трудностей исследования переживания. Изменённая динамика может предсказывать дополнительные флуктуации, нагрев или излучение — в зависимости от конкретной математической модели.

Сандро Донади и коллеги исследовали следствия модели Дьёши — Пенроуза в подземном эксперименте по поиску слабого излучения. Полученные ограничения исключили её естественную версию без свободного параметра, рассмотренную авторами. Такой результат существенно ограничивает определённую реализацию гравитационного коллапса, но не равен экспериментальному опровержению всех возможных вариантов Orch OR или любого участия квантовых процессов в биологии. [23]

Значение этого примера шире одной теории. Утверждение о фундаментальной природе сознания может получить проверяемую часть далеко от разговора о сознании. Если предлагаемый закон меняет поведение материи, его необходимо сопоставлять и с теми опытами, где нет мозга. Так гипотеза перестаёт пользоваться сложностью живой системы как защитой от проверки.

Возможен и обратный результат: новый закон редукции будет установлен в физике, но предполагаемый биологический механизм не подтвердится. Тогда появится новое знание о материи без готового объяснения переживания. Для научного рассуждения это принципиально допустимый исход. Исследование закона и исследование его роли в сознании могут продвигаться с разной скоростью.

Событие ещё не становится переживанием

Даже если все физические звенья сработают, останется вопрос соответствия. Почему определённое событие редукции должно иметь внутреннюю сторону? Чем различаются события, относящиеся к ощущению цвета и к ощущению боли? Как множество событий образует связный поток, а не последовательность изолированных вспышек? Физическая формула времени сама по себе не отвечает на эти вопросы.

Здесь нужен принцип, связывающий структуру процесса со структурой опыта. Он может быть предложен как дополнительный постулат, но тогда следует показать его содержание. Если постулат позволяет произвольно сопоставить любой физический результат любому переживанию, предсказательная сила невелика. Если он задаёт

ограничения на возможные различия опыта, появляются перспективы проверки.

Для гипотезы избирательного интерфейса Orch OR представляет возможного собеседника, но не готовое основание. Объективная редукция в микротрубочках, даже будь она установлена, не означает сама по себе передачу личности из внешнего источника. Чтобы получить такую модель, потребуются дополнительные степени свободы, способ связи и правило индивидуализации. Эти элементы не содержатся автоматически в слове «фундаментальный».

Сильное продолжение идеи могло бы исследовать, как свойства внешнего носителя ограничивают допустимые состояния внутреннего механизма. Но тогда внешний вклад должен иметь отличимый результат. Если добавленная сущность никогда не меняет ни одной вероятности и ничего не объясняет в структуре опыта, её физическая роль остаётся неопределённой. Если меняет — необходимо указать, где искать изменение.

Что останется после проверки

Теория может быть полезна, даже если окажется неверной. Она заставляет связать свойства белка, фундаментальную динамику и проблему субъективности в одну систему обязательств. Там, где ранее существовало только слово «тайна», появляются конкретные вопросы. Это достоинство исследовательской программы, а не свидетельство её истинности.

Наиболее содержательная стратегия заключается в уточнении звеньев, которые допускают независимую проверку. Свойства носителя следует исследовать отдельно от ожидания найти сознание. Закон редукции — отдельно от желания сохранить личность после смерти. Связь с переживанием — с учётом результатов нейрофизиологии, которые должна объяснять любая конкурирующая теория.

Такой порядок сохраняет смелость замысла. Он позволяет предположить изменение самой физики и одновременно требовать от предположения обычной научной ответственности. Вопрос заключается не в том, достаточно ли необычна идея, а в том, какие наблюдения становятся понятнее и какие новые наблюдения она позволяет ожидать.

Следующее предложение выбирает иной путь. Вместо кратковременных электронных процессов в центре оказываются ядерные спины, потенциально слабее взаимодействующие с окружением. Эта смена носителя меняет характер трудностей: задача сохранения может стать легче, зато особенно остро встаёт вопрос, как защищённое состояние включается в активную химию клетки.

Глава 10

Ядерные спины и возможная память

Устройство памяти сталкивается с противоречивыми требованиями. Его состояние должно достаточно долго сохраняться, но при этом оставаться доступным для записи и считывания. Полная изоляция защищает от помех и одновременно мешает использованию. В биологической системе противоречие особенно заметно: клетка непрерывно обменивается веществом и энергией, а её предполагаемая квантовая память должна быть встроена в этот обмен.

Идея использовать ядерные спины переносит поиск на другой физический масштаб. Ядерные спины представляют собой квантовые степени свободы, которые при определённых условиях могут относительно слабо взаимодействовать с окружением. Интерес представляет возможность связать их сохранность с биохимическим действием. Именно соединение двух возможностей делает гипотезу исследовательски содержательной.

Что хранит спиновое состояние

Спин является квантовым свойством частицы. Образ вращающегося шарика может помочь запомнить слово, но не воспроизводит его математического содержания. Для носителя со спином одна вторая измерение вдоль выбранного направления даёт два возможных результата. Это позволяет описывать соответствующее состояние как кубит. Однако два исхода измерения ещё не означают, что система уже работает как элемент вычислительного устройства. [14]

Рабочая память должна обеспечивать различимые состояния, их подготовку, достаточно устойчивое сохранение и доступный способ считывания. Квантовой памяти дополнительно необходимо сохранять отношения, существенные для выбранной задачи. Если остаётся только обычная вероятность одного из результатов, не вся информация исходного квантового состояния остаётся доступной.

В мысленном техническом устройстве можно сохранить один классический бит очень долго и всё же полностью потерять квантовую фазу. Для задачи «было или не было событие» этого достаточно. Для задачи, зависящей от интерференции, — уже нет. Поэтому выражение «долгое время жизни» требует уточнения: что именно живёт, относительно каких помех и для какой последующей операции?

С человеческой памятью возникает ещё одно различие. Воспоминание о событии содержит отношения между множеством признаков и включено в способы их восстановления. Наличие устойчивого квантового носителя не задаёт автоматически ни этого

содержания, ни его принадлежности личности. Даже идеальный физический регистр остаётся регистром, пока не описан способ организации и использования хранимого состояния.

Это различие можно выразить через язык. Сохранить последовательность знаков и восстановить смысл рассказа — разные задачи. Для второго необходимы связи с другими знаниями и текущей ситуацией. Так же и физическое состояние становится элементом личной памяти лишь внутри более широкой организации. Выбор необычного носителя способен изменить возможности хранения, но не освобождает модель от объяснения этой организации.

Предложение Фишера

Мэтью Фишер предложил рассмотреть ядерные спины фосфора как возможные элементы квантовой обработки в мозге. В модели защиту состояний связывают с предполагаемыми кальций-фосфатными структурами, называемыми молекулами Познера. Предложенная цепочка включает образование спиновых корреляций, их перенос и влияние определённых химических событий на доступность кальция, а затем на активность нейронов. Это теоретическая программа, соединяющая несколько проверяемых физических и химических предположений. [7]

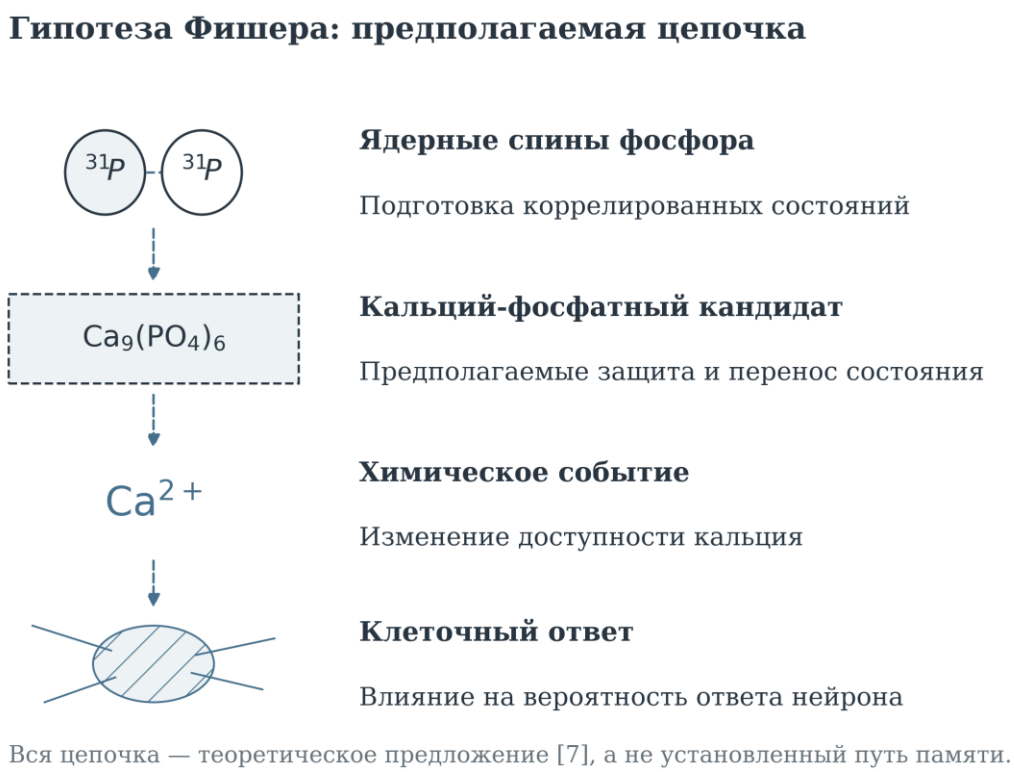


Рисунок 18. Гипотеза Фишера связывает ядерные спины с предполагаемыми кальций-фосфатными структурами и дальнейшим клеточным действием. Существование и работоспособность всей цепочки требуют отдельных проверок.

Её привлекательность состоит в конкретности. Появляются определённый химический элемент, возможная структура и путь от микроскопического состояния к клеточному действию. Каждый выбор сужает пространство объяснений. Вместо общего предположения о квантовой памяти возникает вопрос, выполняют ли конкретные молекулярные процессы необходимые условия.

Подробная схема, однако, ещё нуждается в проверке каждого звена. В химически возможной реакции могут преобладать каналы, не сохраняющие нужных корреляций. Структура, удобная в расчёте, может быть нестабильна в соответствующей среде. Связь с клеточной функцией может оказаться слишком слабой или неспецифичной. Все эти исходы относятся к физическому содержанию гипотезы.

Особенно важно сохранять правильное направление объяснения. Не следует сначала принять наличие квантовой памяти, а затем считать любое обнаружение кальция или фосфата подтверждением. Эти вещества участвуют во множестве процессов. Подтверждение должно касаться именно тех свойств и отношений, которые отличают предложенный механизм от более обычной биохимии.

Защита зависит от окружения

Томас Плейер и Питер Хор исследовали спиновую динамику предполагаемых молекул Познера и получили верхнюю оценку времени сохранения межмолекулярной спиновой запутанности около 37 минут при идеализированных условиях. Они подчёркивали, что реальные процессы способны существенно сократить этот срок. Число относится к конкретному расчёту, а не к измеренной длительности квантовой памяти в человеческом мозге. [8]

Само понятие верхней оценки легко понять неправильно. Она сообщает, насколько благоприятным может быть предел в выбранной модели. Она не гарантирует, что биологическая система достигает этого предела. Подобно максимальной дальности технического устройства в идеальной среде, оценка должна быть пересмотрена при добавлении конкретных источников потерь.

Здесь особенно значимы изменения химического окружения. Если предполагаемая структура связывается с другими молекулами, деформируется или переходит в иной состав, изменяется и физическое описание спинов. Нельзя сначала вычислить сохранность в одной структуре, а затем без проверки перенести результат на другую, лишь сохранив прежнее название.

Тем не менее даже ограниченный расчёт полезен. Он показывает, какие взаимодействия наиболее опасны и где измерение принесёт максимальную ясность. Если основной источник потерь связан с определённым процессом, его независимая оценка способна резко изменить правдоподобие всей цепочки. Так теоретическая работа

помогает выбирать следующий эксперимент без обещания заранее желательного исхода.

От корреляции к химическому действию

Предположим, что нужные состояния действительно подготовлены и сохраняются достаточно долго. Теперь необходимо объяснить, каким образом их различие меняет химический результат. Если все возможные спиновые состояния одинаково влияют на последующий процесс, квантовая информация остаётся функционально невидимой. Она может существовать, но не выполнять заявленную роль.

Поэтому в любой такой модели появляется механизм избирательности. Одни состояния должны повышать вероятность определённого перехода, другие — понижать. После перехода различие необходимо усилить или закрепить, чтобы оно стало заметно на уровне клетки. Усиление не обязательно должно сохранять исходную квантовую структуру: приборы тоже превращают микроскопическое событие в макроскопическую запись. Но сам путь усиления должен быть описан.

Мысленная схема с двумя химическими каналами делает задачу наглядной. Первый канал зависит от спинового состояния, второй почти не зависит. Если второй канал намного сильнее, наблюдаемый результат будет слабо чувствителен к защищённому носителю. Наличие красивого квантового механизма в первом канале не спасает модель от количественного вопроса о его вкладе.

С другой стороны, небольшой вклад может быть значимым, если система работает близко к порогу и затем усиливает различие. Но ссылка на порог не освобождает от расчёта. Нужно показать, что усиление сохраняет нужную закономерность, а не превращает слабый сигнал в неотличимый от шума результат. Слова «небольшой вклад» должны получить количественное выражение: насколько слаб сигнал и какое усиление необходимо для его действия.

Таким образом, цепочка содержит две разные формы устойчивости. Квантовое состояние должно пережить время до полезного взаимодействия. Возникшее после него функциональное различие должно пережить время до клеточного ответа. Эти времена могут сильно различаться. Длительный нейронный эффект сам по себе не означает, что исходная запутанность существовала всё это время.

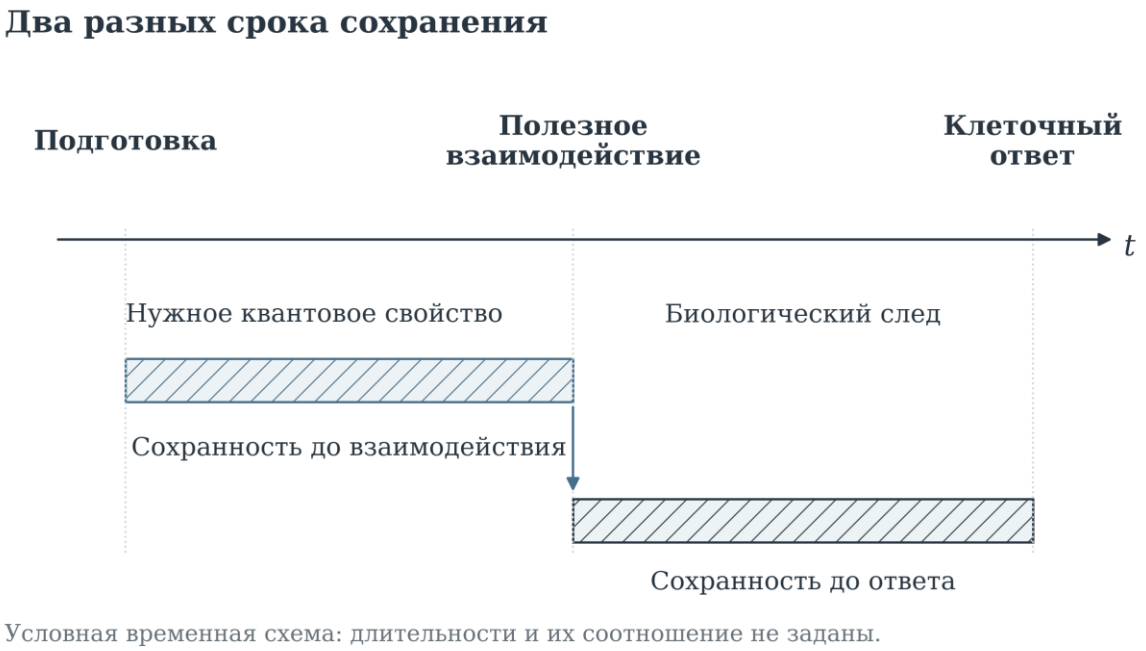


Рисунок 19. Квантовое состояние должно сохраниться до взаимодействия, а возникшее функциональное различие — до клеточного ответа. Продолжительность второго процесса не измеряет время жизни исходной запутанности.

Сопоставление времени операции с затуханием когерентности показано на рисунке 11.

Как отличить механизм от соседних причин

Если изменение химического состава влияет на поведение организма, возникает много возможных объяснений. Вмешательство могло изменить концентрации, структуру, метаболизм или свойства других молекул. Для выделения спинового механизма необходимо найти последствия, которые достаточно специфичны именно для него и согласуются с количественным расчётом.

Например, физическая модель может предсказывать определённую зависимость от магнитного воздействия. Но любое обнаруженное магнитное влияние ещё не указывает на выбранный носитель. Оно может иметь другой источник. Следовательно, важны форма зависимости, характерные времена и сопутствующие признаки. Чем точнее совместный прогноз, тем труднее заменить его объяснением задним числом.

Похожая осторожность нужна при обсуждении изотопов. Различия изотопного состава могут использоваться для исследования спиновых свойств, однако в конкретной системе необходимо учесть и другие связанные изменения. Нельзя заранее считать любое различие результатом квантовой памяти. Сначала строится модель ожидаемого эффекта, затем рассматриваются физические причины, способные дать похожую картину.

В этой логике особенно ценен обратимый опыт. Если предполагаемый механизм можно ослабить и восстановить, не меняя всё остальное одновременно, причинное объяснение укрепляется. Однако восстановление функции должно соответствовать именно тому пути, который заявлен теорией. Возвращение общей активности после широкого воздействия не является автоматическим восстановлением конкретного спинового процесса.

Это рассуждение относится к устройству исследования, а не к рекомендациям вмешиваться в собственный организм. Физические и биологические переменные должны контролироваться в подходящей лабораторной системе. Иначе невозможность разделить причины делает даже субъективно яркий результат почти бесполезным для проверки модели.

Где начинается вопрос о сознании

Допустим, весь предполагаемый путь подтверждён: спиновое состояние сохраняется, влияет на химию и меняет работу нейронной сети. Тогда установлен новый механизм биологической обработки информации. Следующая задача состоит в том, чтобы определить его отношение к переживанию. Он может быть необходим для некоторых функций, но не выполнять специальной роли в субъективности.

Мысленный пример помогает разделить возможности. Один механизм поддерживает обучение, другой участвует в текущем восприятии, третий влияет на устойчивость состояния бодрствования. Все они способны менять поведение. Однако теория сознания должна уточнить, какой именно аспект опыта изменится при их нарушении и почему. Общее слово «когниция» не заменяет различия между памятью, вниманием и переживанием.

Для модели внешнего интерфейса возникает дополнительная граница. Долгоживущая квантовая память внутри молекулы не является автоматически памятью вне тела. Её носитель может полностью принадлежать биологической системе. Чтобы перейти к внешнему следу, необходимо показать взаимодействие с другой системой и сохранение в ней определённой информации после изменения внутреннего носителя.

Не менее важно объяснить доступ. Даже если информация о прошлых событиях распределена по окружению, это ещё не означает, что организм может восстановить её как собственное воспоминание. Требуются адресация, различение полезного сигнала и способ включить полученное содержание в текущую деятельность. Квантовая корреляция сама по себе не выполняет все эти функции.

Память как процесс удержания различий

Поиск необычного физического носителя заставляет заново сформулировать само понятие памяти. Память существует для системы

постольку, поскольку различие в её прошлом способно влиять на доступное различие в будущем. В этом определении важна не только сохранность следа, но и возможность его использования. След, который принципиально недоступен никакому последующему процессу, не объясняет воспоминание.

Поэтому хорошая физическая модель должна соединять запись, сохранение и восстановление. Можно добиться впечатляющего результата в одной части и потерять весь смысл в другой. Для предполагаемого субъекта дополнительно требуется связность истории: разные следы должны быть отнесены к одному развивающемуся центру восприятия и действия, а не оставаться случайным набором сохранённых состояний.

Ядерные спины представляют интерес именно как способ сделать эти вопросы точными. Становится возможным спросить о подготовке, взаимодействии, времени жизни и считывании. Если механизм не подтвердится, сами вопросы сохранятся и будут применимы к другому носителю. Если подтвердится, они позволят отделить открытие в квантовой биологии от более сильного вывода о природе переживания.

Теперь можно вернуться от молекулярного носителя к организму в целом. Анестезия меняет связь с внешним миром, поведение и память, позволяя сопоставлять объяснения сознания с наблюдаемыми переходами. Но сначала нужно выяснить, какие именно способности изменились и что в каждом случае удалось измерить. Этому посвящена следующая глава.

Глава 11

Что анестезия делает с вопросом о сознании

Человек отвечает на вопрос, затем перестаёт отвечать, а позже снова начинает говорить. Между двумя разговорами может остаться пробел в памяти. Эта последовательность кажется почти идеальным опытом по выключению сознания. Но внешне простая картина скрывает несколько разных процессов: изменение переживания, потерю связи с окружением, невозможность ответа и нарушение формирования памяти.

Именно поэтому анестезия так важна для исследования. Она позволяет наблюдать переходы и сопоставлять действие веществ с изменениями мозга. Одновременно она заставляет осторожно выбирать измеряемую величину. Если теория объясняет только неподвижность, её нельзя автоматически считать теорией исчезновения опыта. Если она объясняет память, это ещё не полное объяснение того, что происходило до восстановления ответа.

Три разных исчезновения

Можно мысленно различить три ситуации. В первой переживание отсутствует. Во второй переживание существует, но не содержит актуального внешнего мира. В третьей внешний мир в какой-то мере доступен, однако возможность сообщить об этом нарушена. Поведение в этих ситуациях может оказаться сходным. Поэтому отсутствие реакции не всегда однозначно определяет внутреннее состояние.

К этим различиям добавляется память. Даже если опыт присутствовал, он мог не сохраниться в форме последующего рассказа. И наоборот, рассказ после восстановления может включать события, возникшие во время перехода между состояниями. Исследователь получает воспоминание, а не прямую непрерывную запись переживания. Временная привязка содержания становится самостоятельной задачей.

В исследовании Сарассо и коллег восемнадцать добровольцев были распределены между тремя группами анестезии. После кетамина участники сообщали о ярких сновидных переживаниях, тогда как после пропофола и ксенона таких сообщений не было. Различались и ответы мозга на магнитную стимуляцию: при кетамине сохранялась более сложная картина, близкая к бодрствованию. [2]

Этот результат важен как различение наблюдаемых состояний, а не как готовая карта всех возможных переживаний при анестезии. Он показывает, что одинаковое отсутствие ответа на внешние стимулы может сопровождаться разными данными. Для теории интерфейса следствие конкретно: нельзя описывать любой такой переход одной

величиной «сила связи», если разные формы потери доступа требуют разных механизмов.

Более содержательная модель должна различать канал внешнего восприятия, внутреннюю организацию опыта и условия последующего воспроизведения. Возможно, они зависят от общего процесса. Но это необходимо показать, объяснив и случаи их расхождения. Иначе простое слово «отключение» скрывает именно те различия, которые опыт сделал доступными исследованию.

Опыт, внешнее содержание, ответ и память

Условная ситуация	Переживание	Внешнее содержание	Наблюдаемый ответ
 Опыт отсутствует	нет	нет	нет
 Внутренний опыт	**есть**	нет	нет
 Доступ к внешнему миру	**есть**	**есть**	нет
Память и рассказ:	запись →	сохранение →	рассказ

Различение возможных состояний; не диагностическая классификация.

Рисунок 20. Сходное отсутствие внешней реакции может допускать разные внутренние состояния. Память и последующий рассказ составляют отдельное звено наблюдения.

Свидетельство, которое приходит позже

Рассказ о переживании обладает особым положением. Он является важнейшим источником сведений о содержании опыта, но возникает в системе, уже прошедшей через изменения состояния. Поэтому исследователь должен одновременно относиться к рассказу серьёзно и учитывать условия его появления. Субъективная яркость не заменяет независимой информации о времени и обстоятельствах.

Предположим, человек после восстановления рассказывает о звуке. Этот звук мог относиться к периоду до утраты ответа, к восстановлению или к внутренне построенной сцене. Чтобы различить варианты, требуется событие с известным временем и содержанием. Сам факт узнаваемости звука не устанавливает момент его восприятия.

Аналогично отсутствие рассказа не позволяет восстановить всю предшествующую историю. Память могла не сформироваться или оказаться недоступной. Это не означает, что любой пустой интервал нужно считать скрытым переживанием. Правильный вывод состоит в другом: данные ограничивают множество возможных объяснений, но не всегда выбирают одно из них.

Для физической гипотезы особенно важно заранее решить, какую часть этой цепочки она описывает. Модель может предсказывать исчезновение доступной памяти при сохранённом внутреннем процессе. Тогда её следует проверять по последствиям именно такого расхождения. Если же она предсказывает полное прекращение процесса, последующие свидетельства и независимые показатели предъявят другое требование.

Проверка становится сильнее, когда разные источники данных согласованы. Поведение, физиология и рассказ не обязаны всегда совпадать, однако теория должна объяснять структуру их совпадений и расхождений. Произвольное предпочтение того показателя, который удобнее для текущего вывода, лишает эксперимент различающей силы.

Ответ мозга на возмущение

Работу системы можно изучать как в обычных условиях, так и после короткого воздействия. Возмущение задаёт известное начало и позволяет исследовать, как ответ распространяется и меняется. Это помогает отличать состояния, которые внешне похожи по неподвижности, но различаются внутренней организацией. Именно такой подход использован в упомянутом исследовании с магнитной стимуляцией. [2]

Однако сложность ответа не следует путать с произвольной нерегулярностью. Шум может быть непредсказуемым, не образуя связной обработки. С другой стороны, очень регулярная система может надёжно выполнять ограниченную функцию. Для связи с сознанием требуется показатель, чувствительный к интересующей организации, а не просто к количеству колебаний или необычности рисунка.

Мысленно сравним три устройства. Первое отвечает на воздействие одним и тем же коротким импульсом. Второе выдаёт случайный шум. Третье даёт разнообразный, но связанный с воздействием и внутренним состоянием ответ. Эти различия полезны для анализа динамики, но сами по себе ещё не определяют, какое устройство обладает переживанием.

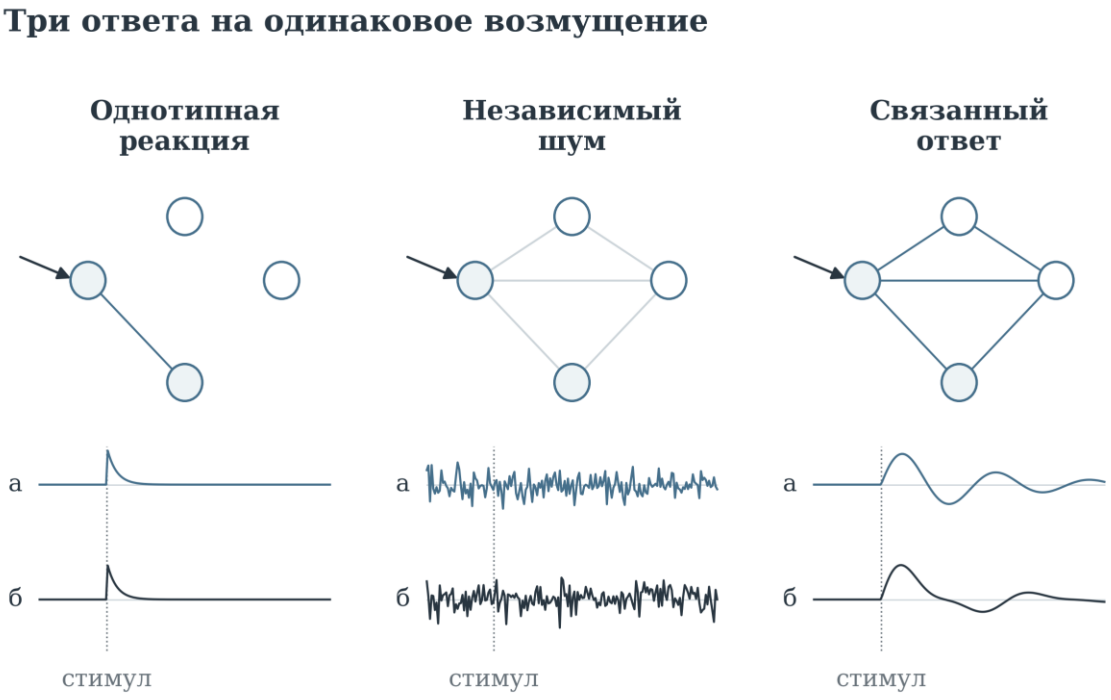


Рисунок 21. Однотипная реакция, шум и разнообразный связанный ответ отражают разную организацию динамики. В третьем примере два прогона различаются исходным состоянием устройства. Эти учебные примеры сами по себе не определяют наличие переживания.

Поэтому физиологический показатель приобретает значение через сопоставление с независимо описанными состояниями и условиями. Он может помогать оценивать сознание там, где ответ затруднён, не превращаясь в универсальную меру субъективности для любой физической системы. Перенос показателя на новую среду требует отдельной проверки его смысла.

Кроме того, состояние не обязательно меняется сразу во всех отношениях. В переходном процессе один показатель может восстановиться раньше другого. Если сравнивать только устойчивые состояния до и после воздействия, важная часть механизма останется незаметной. Временной порядок изменений способен показать, какое звено предшествует другому и какие процессы продолжаются после появления внешнего ответа. Поэтому теория должна объяснять ход перехода, включая последовательность восстановления разных функций.

Для квантовой гипотезы это означает, что изменение сложности мозгового ответа может быть ожидаемым последствием, но не прямым измерением квантового носителя. Между предполагаемым микроскопическим процессом и наблюдаемой динамикой остаётся причинная цепь. Её нужно исследовать, если требуется отличить квантовое объяснение от нейронной модели с другим микроскопическим основанием.

Вмешательство и возврат

Особую ценность имеют опыты, в которых исследователь меняет работу конкретной системы и наблюдает частичное восстановление функции. В серии со стимуляцией центрального таламуса у Бастоса и коллег две макаки проявляли признаки бодрствования при продолжающемся введении пропофола. Одновременно менялись некоторые характеристики нейронной активности. [3]

Здесь важна причинная структура. Состояние изменилось после определённого вмешательства, хотя анестетик продолжал действовать. Для объяснения недостаточно сказать, что молекулы вещества просто уничтожили сознание повсюду одинаковым способом. Нужно учесть организацию сети, возможности её активации и то, какие функции действительно восстановились.

Но причинность вмешательства имеет границы. Включение одного узла может влиять на множество других. Возвращение двигательных реакций не позволяет непосредственно прочитать содержание животного опыта. Поэтому точная формулировка результата сохраняет уровень наблюдения: признаки бодрствования и нейрофизиологические изменения, а не полный доступ к внутреннему миру животного.

Гипотеза интерфейса может включить этот результат, предположив, что таламокортикальная организация участвует в доступе к предполагаемому носителю. Тогда потребуется объяснить, почему именно эта организация имеет значение и какие дополнительные последствия следуют из такого объяснения. Если любой способ восстановления называется «починкой приёмника», гипотеза остаётся слишком гибкой.

Более сильный вариант должен предсказывать различия между вмешательствами. Одно изменение может восстанавливать способность отвечать на внешние стимулы, другое — сложность мозгового ответа на воздействие, третье — способность сохранять воспоминания. Отношение между этими эффектами покажет, сколько действительно независимых функций включает предполагаемый интерфейс.

Микротрубочки в причинной цепи

В работе Хана и коллег после воздействия стабилизатора микротрубочек эпотилона B у крыс увеличивалось время до потери установочного рефлекса при изофлурановой анестезии. Этот результат связывает вмешательство в микротрубочковую систему с показателем чувствительности к анестезии. Сам эксперимент не измерял квантовую когерентность и не определял непосредственно наличие переживания у животного. [12]

Установочный рефлекс — способность животного вернуться в обычное положение после переворачивания; в описанном опыте оценивали возвращение крысы со спины на лапы. Это удобный наблюдаемый

показатель, но его изменение может отражать работу разных звеньев организма. Чтобы связать результат именно с квантовой динамикой, нужно показать её причинную роль и отделить её от других клеточных изменений. [12]

Предположим, вмешательство одновременно делает структуру устойчивее и меняет её взаимодействие со светом. Изменение чувствительности к веществу будет совместимо по меньшей мере с двумя объяснениями. Выбрать между ними поможет не общая ссылка на микротрубочки, а различающий прогноз. Например, какие характеристики должны измениться вместе, а какие могут измениться независимо?

При сопоставлении этих экспериментов необходимо проверить промежуточные звенья. Оптический эффект в изолированной структуре и изменение рефлекса у животного могут относиться к одному механизму, но эта связь ещё нуждается в доказательстве. Само присутствие слова «микротрубочки» в обоих описаниях не устанавливает причинную непрерывность.

Дальнейшее исследование должно связать измерениями три уровня: состояние носителя, его влияние на клетку и состояние организма. Если изменения согласуются по времени и величине эффекта, модель получает поддержку. Если цепочка разрывается, становится видно, где именно требуется пересмотр.

Как выглядит различающий прогноз

Содержательный прогноз касается не только направления эффекта. Формулировка «вещество изменит сознание» слишком широка, если это уже известно из фармакологии. Новый механизм должен объяснить дополнительное различие: зависимость от свойства носителя, характерный диапазон, определённый временной порядок или особое сочетание наблюдаемых изменений.

Например, в воображаемой модели два воздействия одинаково меняют общую активность сети, но по-разному влияют на предполагаемый квантовый носитель. Если модель связывает с ним определённую сторону опыта, она должна заранее указать различие между итоговыми состояниями. Иначе носитель не добавляет наблюдаемой информации к уже имеющемуся нейронному объяснению.

Обратный случай тоже важен. Два воздействия могут одинаково менять показатель носителя, но давать разное поведение из-за различий на более поздних этапах. Тогда теория должна объяснять, почему равенство микроскопического эффекта не означает равенства состояния организма. Многоуровневое объяснение требует последовательности, а не одного универсального индикатора.

Хорошая модель также допускает неудачу. Если предполагаемый носитель меняется, а ожидаемая функция в подходящих условиях

остаётся неизменной, это ограничивает его роль. Если функция меняется без ожидаемого изменения носителя, ограничивается заявленная необходимость. Такие исходы полезны именно потому, что позволяют выбирать между разными причинными схемами.

Цена общего объяснения

Универсальная теория сознания должна объяснять и обычное бодрствование, и переходы, при которых расходятся опыт, ответ и память. Она не может выбирать только наиболее загадочные случаи. Простые устойчивые зависимости предъявляют к ней не меньшие требования, чем необычные субъективные рассказы.

Анестезия поэтому не даёт единственного решающего ответа, но предоставляет множество ограничений. Теория должна учитывать разнообразие наблюдаемых состояний, возможность причинного вмешательства и ограничения способов измерения. Для внешнего носителя это означает необходимость точной модели связи с организмом, а для чисто нейронного подхода — необходимость объяснить внутреннюю организацию переживания.

Следующий шаг состоит в сопоставлении этих объяснений на общих условиях. Пока каждая программа выбирает собственные удачные примеры, спор легко превращается в параллельные монологи. Научный смысл появляется там, где конкуренты заранее указывают, в чём их прогнозы действительно расходятся и какой результат придётся признать неудобным.

Глава 12

Когда теория встречает конкурента

Теория особенно убедительна, когда её рассматривают в одиночестве. Для каждого удачного результата можно найти красивое объяснение, а неудобные детали отнести к будущей работе. Положение меняется, когда рядом появляется другая теория, способная объяснить те же наблюдения. Тогда вопрос заключается уже не в том, возможен ли рассказ, а в том, какое объяснение лучше выдерживает общую проверку.

Исследование сознания нуждается в таком сравнении не меньше, чем другие области науки. Сам предмет сложен, а данные допускают несколько уровней интерпретации. Поэтому особенно важно различать объяснение состояния, механизма доступа, содержания и самого наличия переживания. Теории могут спорить о разных вопросах, ошибочно считая, что предлагают несовместимые ответы на один.

Сильная нейронная альтернатива

Нейронную теорию легко представить слишком примитивно: будто она просто утверждает, что достаточно собрать много нервных клеток и сознание появится само. Реальные исследовательские программы пытаются определить, какая организация процессов имеет значение, какие взаимодействия необходимы и почему информация в одних случаях становится доступной для различных функций, а в других остаётся локальной.

В теории глобального нейронного рабочего пространства существенную роль играет усиление и поддержание представления через рекуррентные взаимодействия, позволяющее информации стать доступной разным специализированным процессам. В обзоре Джорджа Машура, Питера Рулфсемы, Жан-Пьера Шанжё и Станисласа Деана этот подход рассматривается как объяснение механизмов сознательной обработки, включая отношения с вниманием и рабочей памятью. [22]

Для мысленного примера можно представить систему, где зрительный сигнал сначала используется только для локального распознавания, а затем становится доступным планированию, запоминанию и выбору ответа. Различие состоит не просто в наличии сигнала, а в изменении способов его дальнейшего использования. Такое объяснение имеет конкретное функциональное содержание независимо от того, достаточно ли его для объяснения субъективности.

Гипотеза интерфейса не получает преимущества от игнорирования этой организации. Если внешнее основание существует, человеческий опыт всё равно проявляется через память, внимание и действие. Следовательно, новая модель должна либо включить установленные

функциональные отношения, либо объяснить, почему другое устройство даёт те же результаты. Простое противопоставление «мозг или сознание» скрывает эту обязанность.

Единство как причинная структура

Теория интегрированной информации исходит из других предпосылок. В версии IIT 4.0 свойства опыта сопоставляются с требованиями к внутренней причинной структуре физической системы. Теория связывает переживание с несводимой причинно-следственной организацией, а не просто с количеством передаваемых данных. Её математическое описание предъявляет определённые условия к тому, что считается системой и какие отношения внутри неё существенны. [21]

Такой подход нельзя свести к утверждению «чем сложнее, тем сознательнее». Случайный поток может быть трудным для сжатия и при этом не обладать требуемой причинной организацией. Объём памяти, количество связей и производительность вычислений также не тождественны заявленному критерию. Поэтому использование удобного показателя сложности вместо полного теоретического определения требует отдельного обоснования.

Полезен мысленный контраст между записью процесса и процессом как действующей системой. Видеозапись сложного механизма может содержать много информации о его работе, но сама по себе не воспроизводит все причинные взаимодействия механизма. Для теории, делающей ставку на внутренние причины и следствия, такое различие принципиально. Для других теорий решающим может оказаться иной уровень организации.

У этого направления возникают собственные трудности: как определить границы системы, установить её причинную структуру и связать математические свойства с конкретным содержанием опыта. Однако трудность вычисления или проверки не позволяет просто заменить теорию карикатурой. Сопоставлять нужно реальные утверждения теории, доступные данные и прогнозы конкурирующего объяснения.

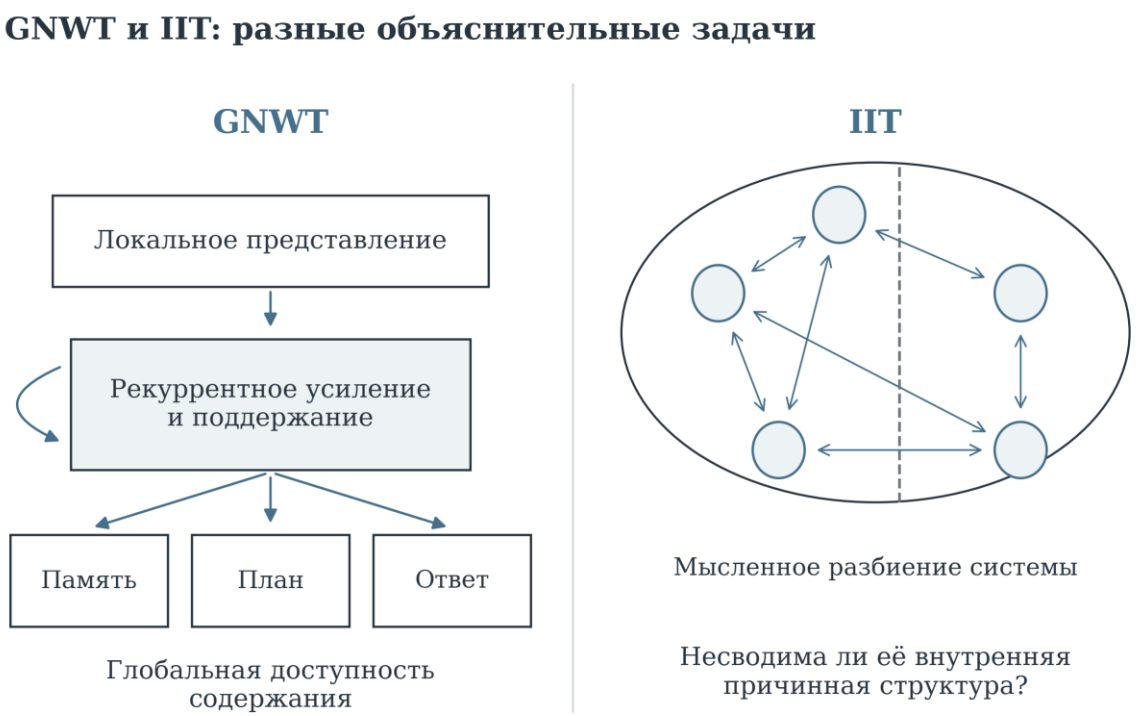


Рисунок 22. GNWT акцентирует глобальную доступность представления для разных процессов. IIT связывает опыт с несводимой внутренней причинной организацией. Схемы показывают направление объяснения, а не вычисляют сознание.

Совместно выбранная проверка

В исследовании консорциума Cogitate сторонники IIT и GNWT заранее согласовали различающиеся предсказания и правила оценки результатов. У 256 участников изучали мозговую активность при предъявлении зрительных стимулов разной длительности. Использовались функциональная магнитно-резонансная томография, магнитоэнцефалография и внутричерепная электроэнцефалография. Часть результатов соответствовала ожиданиям обеих программ, но обнаружились и конкретные затруднения. Для IIT им стало отсутствие предсказанной устойчивой синхронизации в задних отделах коры. Для GNWT — отсутствие ожидаемого повторного всплеска активации в префронтальной коре после исчезновения стимула. Эти результаты относятся к проверявшимся предсказаниям и условиям опыта; они не дают оснований объявить всё содержание одной из теорий окончательно отвергнутым. Главное методологическое достижение работы — критерии сравнения были определены до знакомства с данными. [1]

Принцип такой проверки важнее эффектного объявления победителя. Если предсказания записаны заранее, сложнее незаметно изменить смысл теории после опыта. Однако заранее выбранная проверка тоже имеет область применимости. Она касается конкретных версий, задач, измерений и связующих предположений. Неудача одного прогноза не

обязательно уничтожает всю программу, но создаёт обязанность объяснить пересмотр.

Общая логика различения моделей показана на рисунке 7; разделение подгонки и независимой проверки будет подробнее представлено на рисунке 31 в семнадцатой главе.

Следует различать центральное утверждение теории и вспомогательный способ связать его с прибором. Например, модель может предсказывать определённую организацию информации, а исследователь выбирает один физиологический показатель как её след. Неожиданный результат может поставить под вопрос как модель, так и выбранную связь с показателем. Для содержательного пересмотра нужно указать, какую именно часть предполагается изменить и какие новые последствия это даст.

Такое различение не должно превращаться в бесконечную защиту. Если любой неудобный результат объявляется ошибкой вспомогательного предположения, теория перестаёт рисковать. Поэтому полезно заранее определить, какие связи считаются достаточно надёжными для данного сравнения и какое сочетание результатов будет серьёзным затруднением. Тогда пересмотр остаётся научной работой, а не способом сохранить формулировку любой ценой.

Новая версия может оказаться лучше прежней. Но её преимущество следует проверять на новых условиях. Повторное объяснение того самого результата, ради которого версия появилась, ещё не показывает, что её предсказательная способность выросла.

Представим две модели, различающиеся ожидаемым местом устойчивого представления. Полученный результат может не совпасть ни с одной. Это ещё не означает победу третьей модели, которая не участвовала в сравнении. Сначала нужно понять, не была ли общей ошибкой сама постановка, способ измерения или связь между наблюдаемым сигналом и теоретическим понятием.

Для гипотезы внешнего интерфейса здесь содержится полезное предупреждение. Трудности нейронных теорий создают пространство для новых объяснений, но не служат готовым свидетельством в пользу внешнего носителя. Свидетельство появится, когда собственная модель заранее объяснит различие, с которым конкуренты справляются хуже, и результат выдержит независимую проверку.

Объяснения могут находиться на разных уровнях

Квантовая модель и нейронная модель не обязательно исключают друг друга. Первая может описывать микроскопический механизм, обеспечивающий определённую клеточную функцию. Вторая — организацию сети, использующей эту функцию. Если обе дают совместимое многоуровневое описание, спор «какая из них верна» поставлен неверно: они отвечают на разные вопросы.

Прямое соперничество возникает там, где различаются наблюдаемые последствия. Например, одна модель утверждает, что определённый квантовый процесс необходим для функции, а другая допускает сохранение функции после его избирательного устранения. Тогда появляется конкретный предмет сравнения. Но предварительно необходимо удостовериться, что устранено именно нужное свойство, а не разрушена вся клеточная система.

Не всякий квантовый эффект делает классическое описание функции бесполезным. Иногда микроскопическая физика приводит к устойчивым эффективным правилам на более крупном масштабе. Такие правила могут хорошо предсказывать поведение, не описывая каждую частицу. Поэтому вопрос о необходимости квантового описания должен относиться к выбранной задаче и точности, а не к материи вообще.

В свою очередь, успешная классическая модель поведения не обязательно решает вопрос о природе переживания. Она может воспроизводить наблюдаемые закономерности, оставляя открытым объяснение субъективной стороны. Это не поражение моделирования, а различие между его результатом и более широкой целью. Точность границ помогает не требовать от одной модели всего сразу.

Что добавляет внешний носитель

Предположим, модель мозга уже объясняет наблюдаемые состояния, ошибки памяти, доступность информации и ответы на вмешательства. К ней добавляется внешняя система. Чтобы дополнение имело физический смысл, оно должно либо улучшить прогноз, либо объяснить устойчивую закономерность с меньшим количеством независимых допущений, либо предложить новый проверяемый механизм.

Если для каждого исхода можно свободно выбрать состояние внешнего носителя, модель становится слишком гибкой. Её легко согласовать с прошлым, но трудно проверить. Проблема не в самой внешней системе, а в отсутствии ограничений. Те же трудности возникают у любой модели, число свободных возможностей которой растёт вместе с числом неудобных результатов.

Мысленный пример показывает различие между объяснением и подгонкой. Первая модель заранее предсказывает определённую задержку ответа на воздействие. Вторая после каждого измерения выбирает новую задержку, называя её свойством недоступного источника. Обе могут описать полученные данные, но только первая рискует ошибиться на следующем измерении. Именно этот риск придаёт прогнозу научную ценность.

Поэтому внешний носитель следует ограничивать свойствами, которые определяются независимо от нужного вывода. Время взаимодействия, диапазон чувствительности, сохранность информации и способы изменения состояния не должны быть свободными

объяснениями любого результата. Чем больше таких свойств удаётся связать одним механизмом, тем содержательнее становится модель.

Новые данные важнее удобного прошлого

Объяснение уже известных результатов необходимо, но недостаточно. Модель может быть специально настроена на них. Поэтому особую ценность имеют наблюдения, не использованные при выборе параметров и предположений. Они показывают, сохранила ли модель способность предсказывать или лишь подстроилась под прежний набор данных.

Это различие не сводится к механическому разделению таблицы на две части. Если исследователь многократно смотрит на проверочный набор и меняет модель, набор постепенно становится частью настройки. Для убедительного сравнения важно заранее определить процедуру и сохранить возможность действительно новой проверки. Независимое воспроизведение добавляет ещё один уровень защиты от неявных особенностей лаборатории.

Показатель успеха тоже должен быть согласован заранее. Если одна модель предсказывает время, другая — силу эффекта, а победителя выбирают по тому признаку, который случайно оказался удобным, сравнение теряет ясность. Необходимо определить, какая величина имеет отношение к заявленному механизму и насколько точным должен быть прогноз, чтобы результат оказался различающим.

Отрицательный итог может иметь несколько смыслов. Возможно, механизм отсутствует в проверенных условиях. Возможно, он существует, но слишком слаб для заявленной функции. Возможно, измерение недостаточно чувствительно. Эти варианты следует различать по возможностям самого опыта. Иначе любой отрицательный результат можно объявить «слишком грубым измерением», а любой положительный — окончательным подтверждением.

Соперник как часть замысла

Хорошая теория должна уметь описать, какое объяснение победит её в честном сравнении. Для гипотезы избирательного интерфейса таким соперником может стать нейронная модель, которая воспроизводит все заявленные дополнительные эффекты без внешнего носителя. Может оказаться, что предполагаемый носитель существует, но не связан с сознанием. Может выясниться, что выбранное квантовое свойство не требуется для объяснения функции.

Эти исходы не делают исследование бессмысленным. Они определяют, какое знание появится независимо от судьбы исходного ожидания. Если модель с внешней системой даёт лучшие новые прогнозы при ясно ограниченных предпосылках, её поддержка возрастает. Если преимущества исчезают после контроля альтернатив, её следует пересматривать, даже если исходная идея остаётся привлекательной.

Сравнение также помогает точнее сформулировать положительную цель. Требуется не доказать одним опытом всю метафизическую картину, а обнаружить определённый физический вклад и установить его значение. Затем можно спросить, какие дополнительные условия связывают этот вклад с индивидуальным переживанием. Разделение задач сохраняет возможность движения, не требуя преждевременного окончательного ответа.

Проверка конкурирующих объяснений задаёт требования и к собственной модели. В следующей части предстоит определить предполагаемый носитель, механизм его взаимодействия с организмом, границу субъекта и условия проверки. Гипотеза избирательного интерфейса будет оцениваться по тем же правилам: насколько конкретны её прогнозы и как они выдерживают сопоставление с альтернативами.

Часть четвёртая

Гипотеза избирательного интерфейса

Глава 13

Откуда мог бы приходить вклад

У всякого приёмника есть избирательность. Он отвечает не на всё происходящее во Вселенной, а на определённые воздействия. Слишком слабый сигнал теряется в шуме; слишком быстрый не успевает изменить состояние устройства; неподходящая частота почти не вызывает отклика. Именно эти ограничения позволяют отличить физический прибор от метафоры. Если мозг действительно участвует в связи с дополнительным носителем, у этой связи тоже должны быть условия существования.

До сих пор рассматривались главным образом существующие исследовательские программы. На этом основании можно сформулировать авторскую версию гипотезы интерфейса. Её исходное предположение состоит в том, что некоторые состояния организма способны избирательно взаимодействовать с физическими степенями свободы, не включёнными в обычное нейронное описание. Устойчивое взаимодействие могло бы участвовать в организации субъективного опыта. Назовём это гипотезой избирательного интерфейса. В ней предстоит связать два вопроса: как действует предполагаемый механизм и почему его работа должна иметь переживаемую сторону.

Носитель вместо метафоры

Слово «носитель» означает систему, состояния которой физически различимы и могут изменяться. Такой системой может быть поле, совокупность частиц или выделенный коллективный режим. Само название ничего не решает. Если носитель существует, требуется указать его наблюдаемые свойства: энергию, пространственную структуру, правила изменения или способ взаимодействия с уже известной материей. Даже если часть этих характеристик пока недоступна прямому измерению, они должны участвовать в расчёте последствий.

Буквой B будет обозначаться выбранная биологическая подсистема. Это не обязательно весь мозг, описанный на всех масштабах одновременно. В конкретной модели B может включать определённые молекулярные состояния и их связь с клеточными процессами. Буква E обозначает предполагаемый дополнительный носитель. Обычное окружение — тепловые движения, химические реакции, известные

электромагнитные воздействия — будет обозначаться R. Оно остаётся частью объяснения и тогда, когда гипотеза E отвергается.

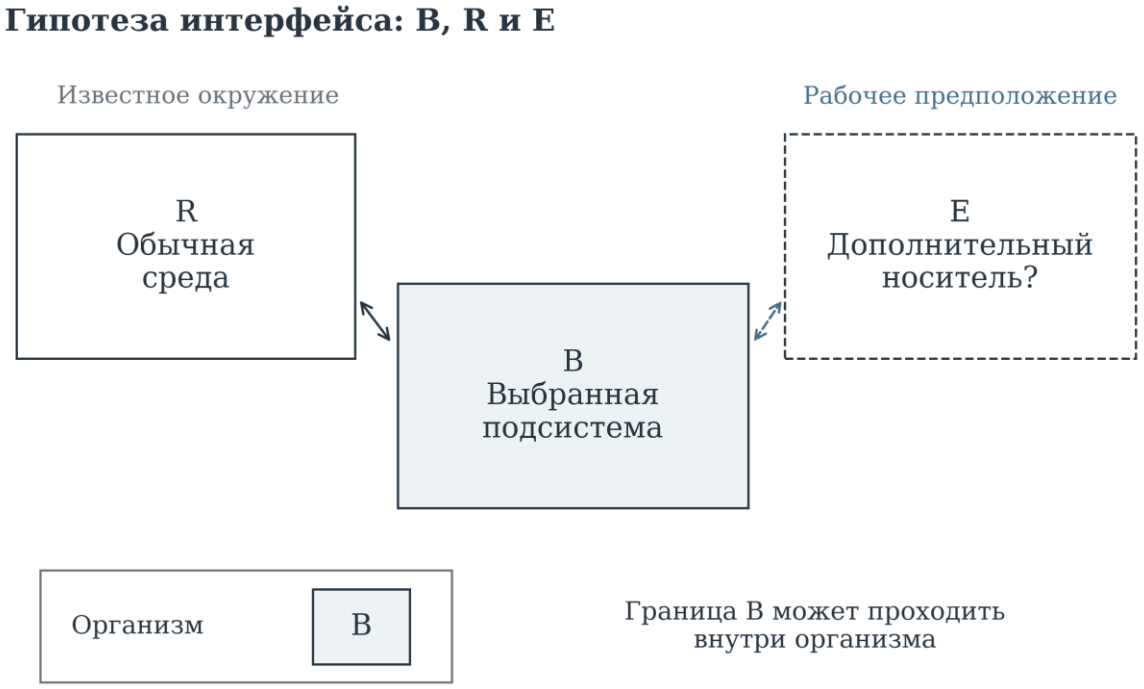


Рисунок 23. В гипотезе B обозначает выбранную биологическую подсистему, R — обычную среду, E — предполагаемый дополнительный носитель. Исключение E из описания B само по себе не определяет его положение относительно тела.

Такое разделение не определяет местонахождение сознания. Математически внешней может оказаться подсистема внутри клетки, если она исключена из выбранного описания B. Поэтому выражение «сознание вне мозга» требует отдельного пространственного утверждения. Обнаружение нового внутриклеточного механизма может изменить нейробиологию, но не перенесёт субъекта за границу организма. Пространственно внешний носитель должен проявить именно свойства внешнего источника: например, определённый закон распространения или зависимость связи от геометрии.

Предполагаемая фундаментальность также не означает безграничность. Если в основании переживания участвует общий физический процесс, конкретная система всё равно может получать лишь ограниченный набор его состояний. Обычный свет принадлежит общему электромагнитному полю, однако два фотодетектора не становятся одним детектором. Аналогично общий носитель, если он существует, ещё не объясняет единство или множественность субъектов. Эти свойства придётся выводить из организации связи, а не из слова «общий».

Возможны два разных пути поиска. В первом носитель обнаруживается независимо, а затем исследуется его связь с

организмом. Во втором сначала появляется устойчивое расхождение между наблюдением и существующей моделью, и дополнительная система вводится как объяснение. Второй путь допустим, но требует особой дисциплины: одно расхождение может иметь множество причин. Новый носитель становится полезным, если объясняет несколько независимых особенностей с одним набором правил и предсказывает ещё не наблюдавшееся следствие.

Геометрия могла бы стать одним из таких правил. Для пространственно внешнего источника важно, зависит ли эффект от расстояния, направления или экранирования. Однако конкретный закон нельзя заимствовать у знакомого поля только ради наглядности. Он должен следовать из выбранного типа взаимодействия. Если предполагается обычное электромагнитное влияние, программа обязана учитывать его известные свойства. Если заявляется иное взаимодействие, потребуются основания, объясняющие, почему его не удавалось выделить прежде и где именно оно должно проявиться.

Есть и полезный мысленный предел. Если E никак не отличается от обычного окружения ни по одному возможному наблюдению, введение новой буквы ещё ничего не добавляет к физическому объяснению. Различие может сохранять философское значение, но экспериментальная программа от него не меняется. Поэтому исследование начинается с поиска свойства, благодаря которому предполагаемый дополнительный вклад перестаёт быть просто другим названием уже учтённой среды.

Уравнение, которое задаёт обязательства

Для начала достаточно стандартной записи взаимодействующих квантовых подсистем. Она известна независимо от вопроса о сознании и используется здесь как язык для формулировки гипотезы. [14]

$$H = H_B \otimes I_E + I_B \otimes H_E + \hbar \sum_k g_k A_k \otimes F_k .$$

Гамильтониан H задаёт энергию и динамику. Два первых слагаемых описывают B и E по отдельности. Последнее задаёт связь между ними. Единичный оператор I не меняет состояние той подсистемы, на которую действует. Знак ⊗ обозначает тензорное произведение: так объединяют операторы, действующие на разные части составной системы. Операторы A и F здесь безразмерны, коэффициенты g имеют размерность обратного времени, а постоянная $\hbar$ — размерность действия. Все слагаемые поэтому имеют размерность энергии. В этой записи операторы A и F выбираются эрмитовыми, а коэффициенты g — вещественными, чтобы взаимодействие задавало допустимый гамильтониан. Эрмитовость здесь важна потому, что такой оператор имеет вещественные собственные значения — возможные результаты измерения соответствующей величины. [14]

Формула требует содержательного выбора. Оператор A должен соответствовать определённому биологическому свойству, оператор F — определённой характеристике носителя. Коэффициент g нельзя каждый раз менять ради согласия с очередным наблюдением. Его нужно оценить независимо либо вывести из общей модели и затем сохранить при проверке новых условий. Число членов суммы тоже имеет значение: неограниченное количество свободных связей позволяет описать почти любые данные, но лишает модель риска ошибиться.

В реальном организме двух подсистем недостаточно. Состояние B зависит и от обычной среды R. Если измерения доступны только на B, его состояние получается частичным следом по остальным степеням свободы:

$$\rho_B = Tr_{ER}\left(\rho_{BER}\right).$$

Эта запись позволяет рассчитать статистику измерений на B. Однако по ней нельзя однозначно восстановить устройство скрытых систем. Разные окружения могут давать одинаковые наблюдаемые последствия. Поэтому даже очень точная запись активности мозга сама по себе не гарантирует, что удастся отличить дополнительный носитель от сложного обычного окружения. Нужна возможность изменять условия так, чтобы сравниваемые модели расходились в прогнозах.

Избирательность как физическое свойство

Предположим, связь наиболее сильна в узком диапазоне частот. Тогда гипотеза должна предсказать не только усиленный ответ в центре диапазона, но и его ослабление при удалении от центра. Если механизм зависит от взаимной ориентации структур, поворот должен менять отклик по определённому закону. Если требуется сохранение фазы, случайные изменения фазы должны подавлять именно соответствующую составляющую эффекта. Так у общей идеи появляются измеримые ограничения.

Однако резонанс бывает и классическим. Качели, электрический контур и акустический инструмент избирательно отвечают на внешнее воздействие. Поэтому обнаружение пика отклика ещё не устанавливает квантовый механизм. Оно помогает определить параметры взаимодействия. Его квантовая природа требует дополнительных наблюдений, относящихся к выбранным состояниям, измерениям и возможностям классического описания. Эта граница особенно существенна, когда слабый молекулярный эффект усиливается большим числом клеточных процессов.

Предлагаемая гипотеза отдаёт избирательности центральную роль. Мозг в ней не открытое окно для любого внешнего содержания. Его структура ограничивает доступные взаимодействия; текущее состояние меняет их эффективность; история перестраивает будущий отклик. Образ неподвижной антенны уступает место системе, которая постоянно

меняет собственные условия связи. Смысл этого предположения можно раскрыть даже на очень маленькой модели.

Малая модель большой идеи

Пусть у выбранного элемента B есть два уровня энергии, и у элемента E тоже есть два уровня. Для простоты оставим только обмен одним возбуждением. Начальное состояние выбрано так, что E возбуждён, а B находится на нижнем уровне. Операторы повышения и понижения переводят каждый элемент между этими двумя состояниями. Взаимодействие имеет вид

$$H_{int} = \hbar g \left(\sigma_+^B \otimes \sigma_-^E + \sigma_-^B \otimes \sigma_+^E \right).$$

Первое слагаемое переносит возбуждение от E к B, второе допускает обратный процесс. Коэффициент g характеризует скорость обмена. Это стандартная модель связанных переходов, выбранная как конкретный пример физической части гипотезы. Она не содержит человека, памяти или квалиа. Модель достаточно проста для полного расчёта и задаёт достаточно конкретный прогноз, чтобы его можно было проверить.

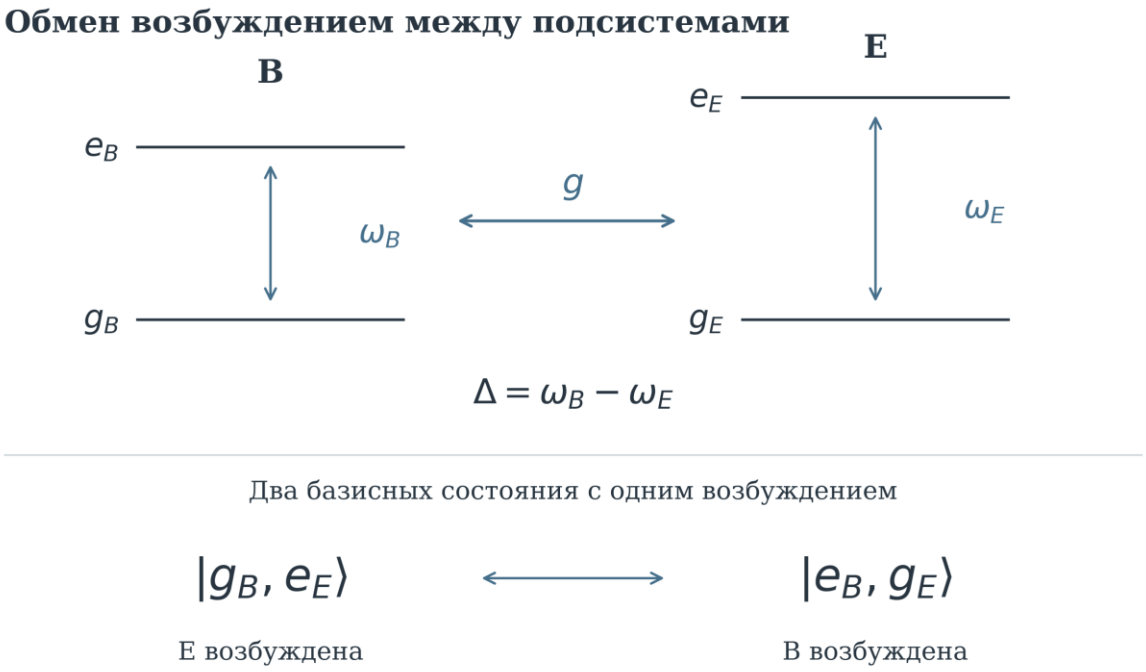


Рисунок 24. Минимальная модель допускает обмен одним возбуждением между B и E. Коэффициент g задаёт связь, расстройка Δ — разность угловых частот переходов. При ненулевой расстройке максимальный перенос ограничен. Модель описывает физическую динамику без переменной субъективного опыта.

Расчёт вероятности переноса для этой модели приведён на рисунке 36 математического приложения.

В идеальном случае без потерь вероятность обнаружить возбуждение на B через время t равна

$$P_B(t) = \frac{4g^2}{\Delta^2 + 4g^2} \sin^2\left(\frac{t}{2}\sqrt{\Delta^2 + 4g^2}\right).$$

Здесь Δ — разность угловых частот двух переходов. Формула получена для указанного начального состояния и выбранного гамильтониана. Если частоты совпадают, вероятность превращается в $\sin^2(gt)$: возбуждение может полностью перейти из E в B и затем вернуться. При большой расстройке максимальная вероятность уменьшается. Так возникает конкретная избирательность, которую можно выразить числом, а не только словами.

Например, при $|\Delta| = 2|g|$ максимальная вероятность переноса в этой идеальной модели равна одной второй. Это математический пример, а не результат исследования мозга. Он показывает полезную структуру предсказания: измеренная расстройка заранее ограничивает величину эффекта. Если наблюдаемый перенос нарушает такой предел, причиной могут быть дополнительные уровни, неверная модель или ошибка измерения. Сам предел нельзя незаметно отменить после получения данных.

В биологической среде когерентность затухает, а уровни могут менять населённость из-за других процессов. Тогда идеальную формулу требуется заменить расчётом открытой системы. Для предварительной оценки полезен безразмерный параметр K: произведение эффективной частоты связи и времени жизни нужной когерентности. Если фаза исчезает намного раньше характерного времени обмена, описанная картина полного когерентного переноса не успевает сформироваться. Универсальным критерием сознания K не является.

Изменение вероятности переноса ещё можно воспроизвести в некоторых классических моделях связанных колебаний. Поэтому эта маленькая конструкция не служит доказательством квантовости по одной кривой. Она задаёт набор требований к гипотезе: какие состояния участвуют, как готовится начальное условие, что измеряется, почему меняется отклик. Квантовые признаки следует искать в дополнительной структуре эксперимента, а не объявлять таковыми любую осцилляцию.

Как связь становится биологической

Чтобы модель имела отношение к мозгу, состояние B должно влиять на дальнейший процесс. Возможно, изменяется вероятность химического перехода, доступность определённой конфигурации белка или время события, участвующего в клеточной сигнализации. Для каждого варианта понадобится собственный путь от микроскопического состояния к наблюдаемому биологическому эффекту. Слово «усиление» не заменяет этот путь: усиливаться могут как полезный сигнал, так и случайные флуктуации.

Здесь возникает трудное условие согласованности. Слишком слабая связь не меняет биологический процесс заметным образом. Слишком сильная может разрушить состояния, которые предполагалось использовать. Подходящий диапазон должен определяться совместной динамикой, а не желанием сохранить гипотезу. Если приходится предполагать исключительную защиту от окружения, необходимо показать, за счёт чего возникает такая защита и почему она совместима с доступом к системе.

Энергетический след тоже зависит от механизма. Обмен возбуждением предполагает определённый энергетический баланс. Чистое изменение относительной фазы не обязано сопровождаться таким же изменением средней энергии подсистемы. Поэтому требование «новая связь обязательно должна нагревать мозг» слишком грубо. Корректный вопрос заключается в том, какие наблюдаемые изменения следуют из выбранного взаимодействия и куда в полном описании входят энергия, информация и шум.

Главный биологический прогноз должен сохраняться после перехода между масштабами. Если модель объясняет изменение поведения через изменение определённой молекулярной вероятности, нужно показать промежуточные зависимости. Иначе на одном конце будет точная квантовая формула, а на другом — свободное словесное толкование. Между ними требуется причинная цепочка, способная выдержать независимые измерения каждого существенного звена.

Где начинается вопрос о переживании

Даже успешное завершение этой цепочки установило бы дополнительный физический механизм. Для объяснения сознания потребуется отдельное утверждение о том, почему его организация соответствует переживанию. В предлагаемой версии таким условием считается включение связи в устойчивый процесс, который различает собственные состояния, объединяет их с памятью и использует последствия своих действий для дальнейшего изменения. Это рабочий психофизический постулат, а не следствие приведённого гамильтониана.



Рисунок 25. Расчёт физического взаимодействия не выводит субъективное переживание. В авторской гипотезе их связь задаёт отдельный рабочий постулат, который требует самостоятельного обоснования.

Постулат намеренно связывает предполагаемый носитель с организацией организма. Отдельный квантовый переход не объявляется отдельной мыслью. Один и тот же физический ресурс может участвовать в разных процессах, а наличие ресурса ещё не задаёт форму субъективного мира. Вопрос о сознании тогда относится к устойчивой организации взаимодействий, через которую события становятся состояниями конкретного участника происходящего.

Слабое место этой версии обозначается точно. Пока отсутствует независимо подтверждённое правило перехода от физической организации к переживанию, модель не позволяет вычислить качество ощущения по известным коэффициентам. Но физическая часть уже может становиться проверяемой: перенос возбуждения, зависимость от расстройки, действие шума и биологические последствия имеют собственные условия проверки. Их результат способен ограничить гипотезу ещё до появления полной теории опыта.

Итак, предложена минимальная расчётная схема и сформулированы требования к будущей теории: определить носитель, его связь с организмом, биологический путь влияния и условие возникновения переживания. Это ещё не установленная физическая модель сознания. Дополнительный носитель E не обнаружен, а психофизическое условие остаётся рабочей предпосылкой. Зато видно, какие звенья требуют проверки и где гипотеза может столкнуться с опровержением. Следующая трудность касается индивидуальности: даже если общий носитель реален, необходимо объяснить, почему через него возникает множество отдельных точек зрения, каждая со своей историей и границей.

Глава 14

Как возникает отдельное «я»

Предположим, что более фундаментальное основание переживания действительно существует. Тогда появляется кандидат на объяснение самой возможности субъективного опыта. Но вопрос о том, как из этого основания возникает отдельная перспектива, становится острее. Почему происходящее переживается из отдельных точек зрения? Почему один человек не получает свободного доступа к памяти другого? Почему общая физическая природа не превращает все организмы в одного наблюдателя?

Можно предположить, что каждому телу заранее соответствует собственный внешний субъект. Но тогда индивидуальность переносится в другую часть модели и всё ещё требует объяснения: откуда берутся различия между субъектами, как выбирается тело и что сохраняет личность во время этой связи? В развиваемой здесь гипотезе интерфейса рассматривается иной вариант — совместное формирование. Индивидуальность складывается в процессе взаимодействия: возможная общая основа обеспечивает способность переживать, а организация организма и его история определяют конкретную перспективу.

Общая основа и разные истории

Мысленно поместим две одинаково устроенные системы в разные среды. Одна учится распознавать движение рядом с водой, другая — ориентироваться в тесных помещениях. Даже при одинаковом исходном устройстве их состояния постепенно расходятся. Значимыми становятся разные признаки; ошибки исправляются разными способами; одни действия закрепляются, другие исчезают. В некоторый момент одинаковый внешний сигнал уже вызывает различные последовательности внутренних событий.

Если эти системы взаимодействуют с одним типом носителя E, различие не исчезает. Напротив, история может менять саму эффективность связи: доступные состояния, чувствительные элементы, временные окна и способы дальнейшего усиления. Общий физический ресурс используется системами, чьи устройство и история уже различаются. В этой версии индивидуальность не нуждается в заранее написанной внешней биографии. Она образуется вследствие последовательности реальных взаимодействий.

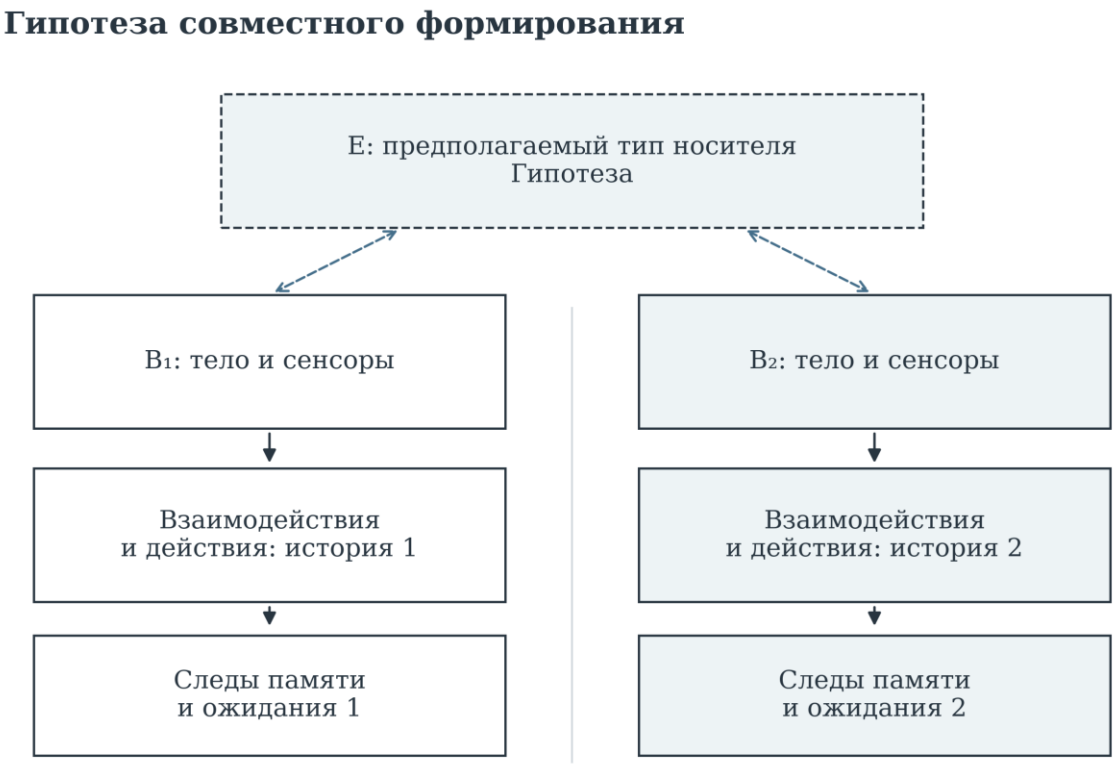


Рисунок 26. Гипотеза совместного формирования. Сходное исходное устройство и один предполагаемый тип носителя не отменяют различий, возникающих в ходе взаимодействия со средой. Наличие E и его отношение к переживанию здесь предполагаются.

Это предположение позволяет уточнить смысл «первичного сознания». Первичным может считаться основание возможности переживать, но не обязательно готовая человеческая личность. Существование фундаментального свойства и наличие конкретных воспоминаний относятся к разным уровням объяснения. Цветовая чувствительность прибора не содержит изображения города до того, как город оказался перед объективом. Аналогия ограничена, но помогает отделить способность получать содержание от самого содержания.

Предлагаемая гипотеза поэтому включает принцип исторической определённости. Две системы с одинаковым предполагаемым основанием могут формировать разные перспективы вследствие разных путей развития. Если однажды окажется, что история хранится частично вне организма, принцип сохранится: важна организация записи и доступа, а не только геометрическое расположение следа. Но место хранения понадобится установить независимо.

Граница, которая действует

Граница субъекта не может определяться только кожей или расстоянием. Физические процессы переходят через поверхность тела постоянно. Свет достигает сетчатки, звук меняет состояние слуховой

системы, пища включается в обмен веществ. При этом внешний предмет не становится частью личности всякий раз, когда причинно воздействует на неё. Простого обмена энергией для объяснения принадлежности недостаточно.

В качестве рабочего основания предлагается организация обратной связи. Некоторые состояния используются системой для регулирования собственного существования: их последствия возвращаются в оценку, память и выбор дальнейших действий. Другие состояния присутствуют лишь как внешние условия. Различие определяется ролью в динамике, а не наличием метки «моё» на отдельной частице. Такое понимание допускает постепенные и зависимые от задачи границы функциональной системы.

Однако причинная связанность сама по себе слишком распространена. Погода, городское движение и сеть электроснабжения тоже образуют огромные петли влияния. Поэтому гипотеза требует более узкой организации: избирательного объединения состояний в перспективу одного регулирующегося участника, сохранения доступной истории и различения собственных действий от внешних изменений. Их сочетание составляет предлагаемое условие индивидуации — формирования отдельного субъекта. Оно ещё не является общепринятым критерием сознания.

Предлагаемая организация этих функциональных связей показана на рисунке 32 в восемнадцатой главе.

Возможный носитель E включается в это условие через конкретные каналы связи. Если две системы получают общий шум, их реакции могут быть похожими. Но общий шум не объединяет их память и не даёт одной системе доступа к последствиям действия другой. Корреляция ещё не создаёт совместную перспективу. Для её физической модели понадобится показать реальную интеграцию возможностей, а затем отдельно обосновать, почему эта интеграция соответствует единому переживанию.

История удерживает перспективу

Мгновение не обязано хранить всю биографию, чтобы зависеть от неё. Приобретённое умение изменяет сегодняшнее действие, даже когда обучение не вспоминается. Привычное слово узнаётся без перечисления всех случаев, когда оно встречалось. Поэтому личная история может присутствовать в текущем состоянии разными способами: как доступный рассказ, как навык, как ожидание или как изменившаяся чувствительность.

В модели совместного формирования эти формы истории имеют разную роль. Рассказ позволяет явно соединять события во времени. Навык меняет выбор без подробного воспроизведения прошлого. Ожидание выделяет одни будущие исходы среди других. Ни одна из этих функций по отдельности не исчерпывает личность. Их взаимодействие

делает текущую перспективу продолжением определённой истории, а не случайным ответом на последний сигнал.

Отсюда следует содержательное ограничение гипотезы. Если дополнительный носитель поддерживает только кратковременные состояния, он не объяснит сохранение биографии без других механизмов. Если он, напротив, объявляется хранилищем всей личности, необходимо показать, как пережитое записывается, как сохраняет порядок и как возвращается в доступ. Один и тот же образ «связи» не может одновременно заменять мгновенное взаимодействие, долговременную память и узнавание себя.

Можно представить мысленную ситуацию: система сохраняет регуляцию тела и способность действовать, но теряет доступ к части прошлого. В предлагаемой версии общий ресурс переживания, если он существует, может оставаться тем же, тогда как содержание личности меняется. Эта возможность согласуется с разделением основания и истории. Она не доказывает внешний носитель, потому что нейронные модели также допускают различные нарушения памяти. Чтобы выбрать между ними, потребуется более специфический прогноз о механизме утраты и восстановления.

Самоотнесение без внутреннего зрителя

В выражении «я вижу» как будто присутствуют два участника: тот, кто создаёт изображение, и тот, кто смотрит на него изнутри. Если воспринимать этот образ буквально, придётся построить второй механизм зрения для внутреннего наблюдателя, затем третий для наблюдателя за ним. Объяснение никогда не закончится. Гипотеза интерфейса не должна возвращать ту же трудность под видом внешнего владельца тела.

Функциональное самоотнесение можно описать иначе. Система различает изменения, связанные с её действием, и изменения, которые возникли независимо от него. Она учитывает собственные ограничения при оценке возможного действия, хранит сведения о надёжности своих решений и исправляет прогноз после получения результата. Представление себя тогда существует как часть управления, а не как маленький человек, наблюдающий за внутренним экраном.

Такое описание ещё оставляет вопрос о переживании. Оно показывает, какую работу выполняет самопредставление, но не объясняет автоматически, почему эта работа ощущается. Именно здесь авторская гипотеза вводит дополнительное условие: возможное фундаментальное основание связывается с системой, которая объединяет текущие состояния, прошлый опыт и последствия собственных действий в продолжающийся процесс регуляции. Физический механизм должен объяснять доступность связи, а психофизический постулат — её отношение к индивидуальному опыту.

Сильная сторона такого разделения состоит в отсутствии требования поместить всю личность в одну особую деталь. Ни отдельная молекула, ни один узел сети, ни выбранное квантовое состояние не обязаны содержать готовое «я». Индивидуальность относится к организованному процессу. Теперь нужно определить, какие изменения сохраняют этот процесс, а какие образуют другой. Без такого различия понятие организации останется слишком расплывчатым для проверки.

Что должно сохраняться при изменениях

Мысленно заменим в системе один чувствительный элемент устройством, которое даёт тот же наблюдаемый ответ. Если гипотеза зависит только от функциональных отношений, замена не должна разрушить предполагаемую перспективу. Если она требует определённого квантового механизма, совпадения внешних ответов может оказаться недостаточно. Тогда необходимо указать свойство, которое замена не сохраняет, и способ обнаружить его последствия.

Эта развилка разделяет две версии программы. В первой дополнительный носитель лишь реализует общую функциональную организацию; возможно, ту же организацию способен поддержать другой физический механизм. Во второй определённый тип взаимодействия с E является обязательным условием переживания. Вторая версия предъявляет более жёсткое требование: некоторые физически работоспособные реализации она исключает из числа способных к переживанию. Такое ограничение требует отдельного обоснования; одного сходства с известным квантовым эффектом недостаточно.

Проверка не обязана начинаться с замены частей живого мозга. Различие можно изучать на моделях и физических аналогах, выясняя, сохраняются ли заявленные причинные свойства. Здесь особенно полезны случаи, в которых две реализации дают одинаковый обычный выход, но расходятся при дополнительном воздействии. Такой результат сначала относится к устройству механизма. Переход к субъективной непрерывности всё равно зависит от психофизического условия, которое нельзя спрятать внутри инженерного описания.

Гипотеза также должна учитывать временной масштаб. Связь, слишком медленная для объединения конкретного события, может участвовать в долговременной настройке, но не в его непосредственной организации. Быстрый процесс может влиять на моментальный отклик, не сохраняя историю. Утверждение о едином субъекте требует согласовать эти масштабы. Нельзя выбирать любое удобное время интеграции после знакомства с наблюдениями.

Полезно различать текущее сходство и продолжение процесса. Два устройства могут в некоторый момент содержать одинаковые записи, хотя пришли к ним разными путями. Если теория определяет личность только по мгновенному состоянию, она должна принять связанные с

этим последствия. Если существенна история формирования, потребуется указать, какие различия истории сохраняются физически и могут участвовать в дальнейшем опыте. Ссылка на невидимую историю, не имеющую никаких последствий, не добавляет проверяемого условия.

С другой стороны, процесс способен продолжаться при изменении значительной части своих деталей. Живая организация не представляет собой неподвижный снимок. Для модели важно определить сохраняемые отношения: доступ к собственным следам, согласованность управления, правила обновления самопредставления. В гипотезе совместного формирования устойчивость личности связывается с такой преемственностью организации. Это условный выбор, который необходимо сопоставить с конкурирующими критериями, а не объявлять окончательным решением проблемы тождества.

Отсюда возникает конкретное направление анализа. Можно строить модельные системы с одинаковыми внешними ответами, но различной преемственностью внутренних состояний, и выяснять, какие признаки отражают это различие. Сначала результат касается памяти и управления. Он помогает сделать понятие продолжения физически содержательным, хотя ещё не позволяет непосредственно сравнить субъективные перспективы. Именно так абстрактный вопрос о том, что остаётся тем же, постепенно превращается в несколько более узких исследуемых вопросов.

Предсказания о форме индивидуальности

Из предложенной схемы следуют условные ожидания. Во-первых, при одинаковом дополнительном носителе различия в телесной организации и истории должны менять доступное содержание. Во-вторых, вмешательство в механизм связи может действовать избирательно: нарушать определённую сторону опыта, оставляя другие функции относительно сохранными. В-третьих, изменение отношения между памятью, самооценкой и действием может менять формы самосознания без полного исчезновения переживания. Это направления предсказаний; для эксперимента каждое требуется связать с конкретным измерением.

У этих ожиданий есть серьёзный конкурент: многие из них естественно следуют и из нейронных объяснений. Поэтому гипотеза не получает преимущества только за счёт согласия с зависимостью личности от памяти и тела. Ей нужен дополнительный эффект, следующий именно из предполагаемой связи. Например, заранее заданное сочетание параметров носителя и состояния организма должно предсказывать избирательное изменение, которое сравнительная модель не воспроизводит при тех же ограничениях.

Если такого эффекта не удаётся определить, совместное формирование остаётся содержательным способом мыслить индивидуальность, но ещё не отдельной эмпирической теорией. На этом

этапе идея позволяет точнее поставить вопросы и исключает несколько подмен: выводить готовую биографию из общей основы, приравнивать корреляцию к общему субъекту и считать сложную рефлексию необходимой для всякого переживания.

Конкретное «я» в этой картине возникает там, где физическая связь получает историю, ограничения и собственную перспективу действия. Тело придаёт ей определённость; память связывает разнесённые события; самопредставление позволяет учитывать себя среди причин происходящего. Возможное фундаментальное основание не отменяет эту работу. Оно становится частью более широкого объяснения, которое должно показать, как общий физический мир допускает существование отдельных переживаемых миров.

Но история не может удерживаться одним утверждением о непрерывности. Она нуждается в следах. Если часть таких следов предполагается за пределами организма, следующий вопрос уже нельзя решить описанием личности. Понадобится физика записи, сохранения и чтения памяти.

Глава 15

Память по обе стороны границы

На столе лежит старая фотография. Человека, который нажал кнопку камеры, может уже не быть, однако снимок сохраняет различия между тем, что находилось перед объективом, и тем, чего там не было. Он содержит след события. Если фотографию увидит другой человек, след снова повлияет на живую систему. Тем не менее из этого не следует, что прежний наблюдатель продолжает смотреть через фотографию.

Этот простой пример разделяет три вещи, которые легко смешать: сохранение информации, восстановление содержания и продолжение субъективного опыта. Гипотеза внешнего следа памяти касается прежде всего первых двух. Она предполагает, что часть значимой для организма информации может записываться в дополнительном носителе и впоследствии снова становиться доступной. Чтобы обсуждать третье, придётся добавить условия идентичности и непрерывности; они не входят в сам факт хранения.

След и воспоминание

Физическим следом можно назвать различие в состоянии системы, обусловленное предшествующим событием. Для памяти, пригодной к использованию, одного различия мало. Оно должно сохраняться достаточно долго, оставаться различимым при помехах и участвовать в процессе чтения. Кроме того, читающая система должна различать, к какому содержанию относится полученный сигнал. Без этого необычный отклик ещё не становится воспоминанием.

Человеческая память тем более не сводится к сохранению произвольных деталей микросостояния. Она включает отношения между событиями, оценку их значимости, навыки и способы восстановления содержания. Поэтому теория внешнего хранения должна отвечать на вопрос, что именно сохраняется: отдельная сенсорная особенность, последовательность событий, правила действия или целая организация личности. Разные ответы требуют носителей разной ёмкости, разных времён сохранения и разных механизмов чтения.

Нейронный уровень при этом нельзя считать необязательным. В эксперименте Сюй Лю и коллег у мышей повторно активировали определённые нейроны гиппокампа, участвовавшие в формировании условной реакции страха. Такая активация вызывала соответствующее замирание в другом контексте. Результат связывает конкретную клеточную популяцию с воспроизведением приобретённой реакции; он не означает, что удалось прочитать из клеток человеческую биографию. [25]

Эти данные ставят перед гипотезой интерфейса конкретную задачу. Даже если часть информации хранится дополнительно, нужно

объяснить, почему определённые нейронные изменения помогают её воспроизводить, а другие мешают. Возможный внешний след не отменяет внутреннего устройства доступа. Но объявить нейроны только «ключом» недостаточно: ключ тоже имеет структуру, механизм действия и проверяемые ограничения.

Три разных архитектуры хранения

Самая простая версия предполагает обычную внутреннюю память. Носитель E, если он участвует в переживании, не хранит биографию. Приобретённое содержание сохраняется в биологических изменениях, а дополнительная связь влияет лишь на текущую организацию опыта. Эта версия совместима с гипотезой более фундаментальной основы опыта, но сама по себе не позволяет ожидать сохранения личности после разрушения организма.

Вторая версия предполагает разделённую память. Часть содержания или вспомогательных данных сохраняется вне выбранной биологической подсистемы. Для восстановления нужны и внешний след, и внутреннее состояние доступа. Такая архитектура знакома по обычным вычислительным устройствам, поэтому само расположение хранилища вне подсистемы не является признаком сознания. Научная новизна могла бы заключаться в обнаружении конкретного прежде неизвестного механизма у организма.

Третья версия гораздо сильнее: во внешнем носителе сохраняется организация, достаточная для продолжения индивидуальной перспективы. Здесь требуется не только архив событий. Нужны правила их взаимосвязи, доступ к истории, отличия этой личности от других и процесс, который способен продолжаться. Если внешняя система содержит лишь сведения, по которым другой организм может построить похожий рассказ, вопрос о сохранении прежнего субъекта остаётся открытым.

Эти версии нельзя объединять в одну формулу «всё хранится снаружи». Они дают разные прогнозы при повреждении внутреннего доступа, изменении внешнего носителя и нарушении связи между ними. В первой версии потеря биологического следа должна устранять возможность восстановления; во второй информация может сохраняться, оставаясь недоступной; в третьей предполагается самостоятельное продолжение процесса. Каждая следующая версия требует дополнительных физических условий.

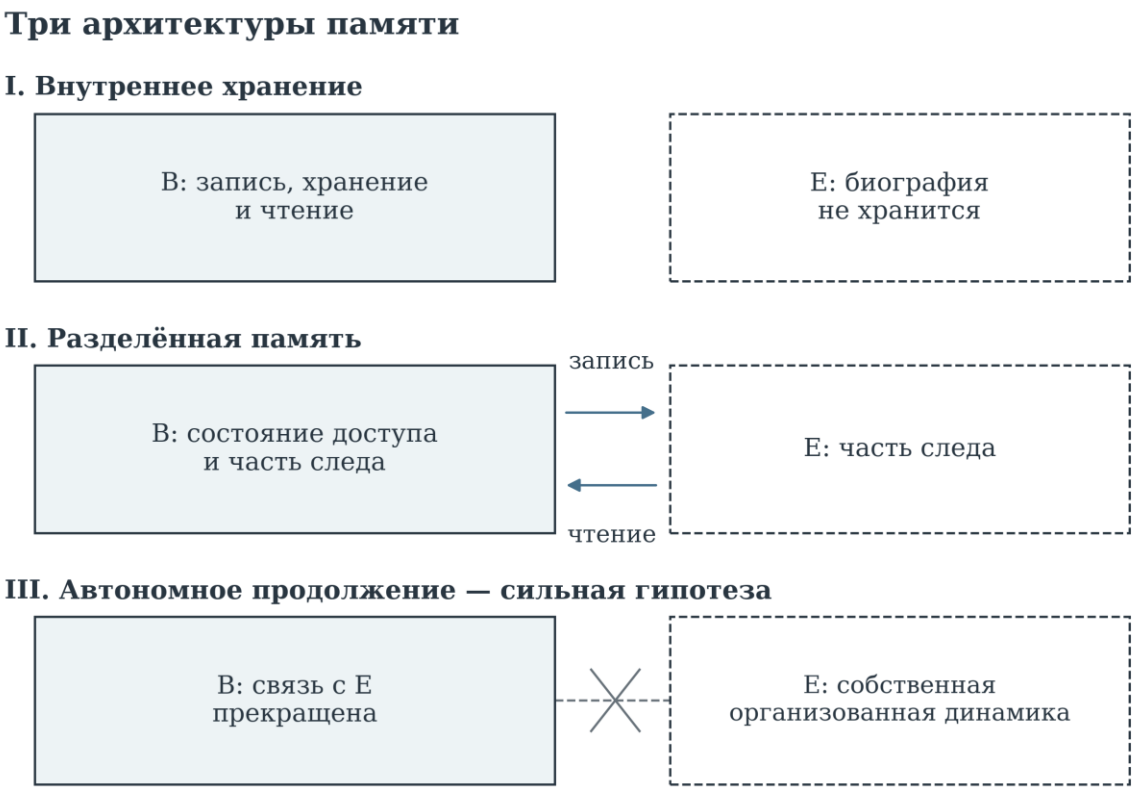


Рисунок 27. Три версии различаются местом хранения и условиями доступа. Внешний по отношению к B след не означает автоматически расположение вне тела; автономное продолжение требует дополнительных допущений.

Запись должна оставлять последствия

Предположим, событие M меняет состояние биологической подсистемы B. Для появления внешнего следа это изменение должно через определённое взаимодействие влиять на E. Значит, в гипотезе появляется направление записи. Позже состояние E должно влиять на B так, чтобы воспроизведение зависело от прежнего события. Это направление чтения. Одного постоянного взаимодействия двух систем недостаточно для доказательства, что возникла память с нужными свойствами.

У записи есть ограничения. Различные события должны оставлять достаточно различимые следы. Если огромное число состояний организма отображается в одно и то же состояние E, восстановить их различия без дополнительной информации нельзя. Если след быстро смешивается с шумом, чтение становится ненадёжным. Если меняется способ адресации, информация может сохраняться физически, но перестать быть доступной конкретному организму.

Адресация особенно важна для предположения об общем носителе. Если в нём записываются события многих систем, нужен механизм избирательного доступа. Воспоминание нельзя просто назвать «своим»

задним числом. Модель должна объяснить, какие особенности связи выделяют нужный след, как предотвращается смешение и почему новые события не уничтожают все прежние записи. Возможность общей физической среды не освобождает от обычных задач памяти.

Ошибки чтения могут оказаться информативнее единичного удачного восстановления. Если повреждается сам след, ожидается одна зависимость ошибок от времени и условий хранения. Если нарушается адрес, возможна подмена содержанием другой записи. Если меняется преобразование сигнала в доступный ответ, ошибки могут сохранять часть структуры исходного содержания. Это условные варианты для модели, а не описание уже обнаруженной внешней памяти человека. Их ценность в том, что они связывают предполагаемую неисправность с определённым характером ошибок.

Особенно важно отличать недоступность от отсутствия. Неудачная попытка воспоминания сама по себе не сообщает, уничтожен ли след, потерян ли доступ или не сформировалась ли запись первоначально. В модельном устройстве эти случаи можно развести, независимо меняя хранилище и механизм чтения. Для живого организма такое разделение обычно намного труднее, поэтому вывод о внешнем архиве не должен появляться только из факта неожиданного восстановления содержания после длительного перерыва.

Обратное ограничение столь же существенно. Успешное восстановление после повреждения одного пути ещё не означает, что сведения пришли извне. Они могли сохраняться в другом внутреннем процессе или восстанавливаться по оставшимся признакам. Гипотеза внешнего следа должна показать, какие именно зависимости не объясняются этими возможностями. Её преимущество определяется содержанием предсказания, а не эмоциональной убедительностью возвращённого воспоминания.

При этом внешний носитель может оказаться вполне обычным. Система способна оставлять следы в окружении и впоследствии снова получать их через органы чувств. Чтобы заявить особый механизм, нужно отделить его от таких путей. Иначе обнаружение внешнего хранения сведётся к хорошо известному факту, что мир меняется после взаимодействия с организмом. Для новой гипотезы требуется определённый канал, а не просто долговечный след.

Пределы квантового копирования

Если носитель объявляется квантовым, привычный образ резервного копирования нуждается в уточнении. Теорема о запрете клонирования утверждает, что нельзя создать универсальное устройство, которое идеально копирует произвольное неизвестное квантовое состояние. Вуттерс и Зурек показали связь этого ограничения с линейностью квантовой эволюции. Запрет не относится к обычному копированию

различимых классических записей и не запрещает перенос состояния из одной системы в другую. [24]

Поэтому в гипотезе нужно уточнить, что именно предполагается сохранять. Если речь о классическом описании событий, ссылаться на квантовую защиту от копирования необязательно. Если для личности существенны неизвестные квантовые состояния, нельзя одновременно без обоснования обещать их точную копию, сохранение оригинала и свободное многократное чтение. Физические ограничения выбранного носителя становятся частью теории личности, а не декоративным приложением к ней.

Перенос тоже не равен продолжению субъекта. Квантовое состояние может быть перенесено между лабораторными системами, не содержащими биографии или самопредставления. Для сознания требуется объяснить, какую роль переносимое состояние играет в устойчивой организации опыта. Если оно лишь регулирует вероятность отдельного события, его сохранение ещё не обеспечивает сохранение всей личности. Если оно кодирует гораздо больше, это должно следовать из модели ёмкости и доступа.

Отдельной проблемой становится чтение. Один результат измерения обычно не даёт полного описания неизвестного квантового состояния. Поэтому образ внешней библиотеки, из которой можно без ограничений считывать точные внутренние состояния всех людей, требует специального обоснования. Возможные способы хранения различаются по тому, какое содержание доступно одному чтению и как сам процесс чтения меняет носитель. [14]

Опыт с контролируемой памятью

Для первой проверки внешнего следа разумно рассмотреть модельное устройство, где границы подсистем задаются конструкцией. Пусть во время записи оно получает случайно выбранную последовательность. Затем доступные внутренние записи B переводятся в заранее определённое состояние, а состояние E либо сохраняется, либо независимо изменяется. После восстановления связи исследуется, зависит ли ответ устройства от первоначальной последовательности.

Входную последовательность выбирают случайно; до завершения оценки она известна экспериментатору, но скрыта от тех, кто анализирует ответы. Если устройство воспроизводит часто встречающийся рассказ, трудно исключить обучение на похожих данных. Если оно восстанавливает заранее выбранные случайные различия, вопрос становится количественным. Можно сравнивать долю правильных ответов, структуру ошибок и зависимость точности от времени хранения.

Но даже такой результат не выделяет нужный носитель автоматически. Остаточная память может сохраниться в питании, контроллере, температурном режиме, журнале оборудования или

обычной среде R. Проверка должна быть устроена так, чтобы доступность каждого известного канала имела предсказуемые последствия. Изменение E следует отличать от общего повреждения устройства. Иначе исчезновение результата после вмешательства покажет лишь, что вмешательство чему-то мешает.

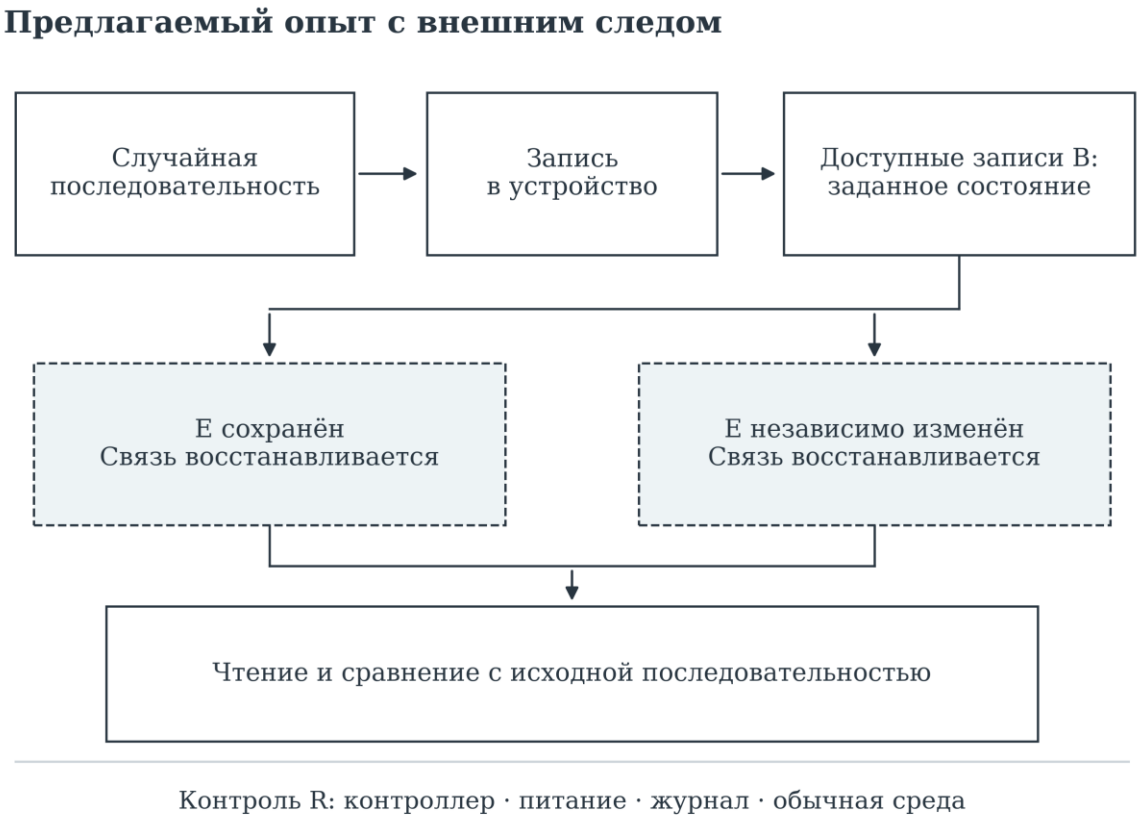


Рисунок 28. Предлагаемая проверка внешнего следа в модельном устройстве. Сохранение и изменение E сравниваются при контроле доступных записей B и обычных каналов R. Рисунок не изображает выполненный эксперимент.

Сильным свидетельством стало бы согласование нескольких зависимостей с одной моделью: время сохранения следа, предел ёмкости, способ адресации и предсказуемое нарушение чтения. Это уже больше, чем неожиданное восстановление одного фрагмента. Механизм должен объяснять как удачные ответы, так и характер ошибок. На этом уровне исследование касается физики памяти; перенос к человеческой автобиографии потребует самостоятельной проверки.

Почему узнавание ещё не решает вопрос о личности

Мысленно допустим, что устройство безошибочно восстанавливает неизвестные ему ранее сведения о жизни человека. Даже такой сильный результат сначала установит доступ к информации. Затем придётся выяснить, откуда она получена и почему принадлежит именно этому источнику. Только после этого появится вопрос, сопровождается ли

восстановление продолжением прежней перспективы или возникновением новой системы, располагающей прежними сведениями.

Разница становится заметной в случае двух копий. Пусть две системы получают одинаковую биографическую запись и обе уверенно утверждают, что являются её владельцем. Сходство ответов не позволяет одной из них автоматически исключить другую. Теории непрерывности нужны дополнительные условия: конкретная причинная история, сохранение определённого процесса или иная связь, которую можно ясно сформулировать. Нельзя вывести единственного продолжателя только из совпадения рассказов.

Это ограничение относится и к обычным технологиям памяти. Архив может пережить своего создателя, а обученная на нём программа — воспроизводить стиль речи. Полезность таких систем не зависит от признания их тем же человеком. Если же выдвигается утверждение о продолжении субъективной жизни, критерий должен быть строже, чем точность воспроизведения текстов или узнаваемость характера. Информационное сходство и личная непрерывность решают разные задачи.

Авторская гипотеза внешнего следа поэтому оставляет открытыми несколько исходов. Дополнительного хранения может не оказаться. Оно может существовать, но поддерживать лишь узкий физический процесс. Оно может участвовать в доступе к памяти, оставаясь полностью зависимым от тела. Наконец, можно исследовать более сильную версию о внешнем продолжении организации личности — при условии, что для неё названы дополнительные механизмы и способы их проверки.

Фотография на столе продолжает существовать. Она напоминает, что информация действительно способна пересекать границы времени и отдельного организма. Но чтобы превратить след в воспоминание, нужен читающий процесс. Чтобы превратить воспоминание в часть личности, нужна организация истории. А чтобы говорить о продолжении переживания, требуется понять, что именно делает эту организацию одним и тем же участником происходящего.

Эта организация не существует отдельно от способов восприятия и действия. Поэтому вопрос о памяти выводит к устройству тела: какие сигналы оно делает доступными, какие действия допускает и как через них формируется содержание личного опыта.

Глава 16

Тело как условие конкретного опыта

В воображении аватар часто выглядит сменным костюмом. Субъект остаётся собой, а оболочка лишь определяет, какой внешний облик он принимает. Однако тело человека задаёт гораздо больше, чем форму присутствия. Оно определяет доступные сигналы, возможные действия, скорость реакции, потребности и способы изменения среды. Если предположить более фундаментальное основание сознания, эти ограничения не исчезнут. Именно через них предполагаемое основание получает конкретное содержание.

Тело в гипотезе избирательного интерфейса поэтому не рассматривается как случайный контейнер. Оно участвует в формировании перспективы. Организм не просто пропускает готовую картину мира, но постоянно выбирает, какие различия имеют значение для его существования. Чтобы объяснить человеческое сознание через внешнюю связь, придётся показать, как эта связь становится зрением, движением, голодом, ожиданием и личной историей именно такого тела.

Аватар, который меняет своего владельца

Представим систему с доступом только к двум расстояниям: до препятствия впереди и до поверхности под ней. Для такой системы пространство действия устроено иначе, чем для устройства, различающего цвет, форму и движение на большом расстоянии. Одни и те же внешние события дают разные возможности. Ступенька может быть непосредственной угрозой падения, ориентиром маршрута или вообще отсутствовать в доступном описании.

Если у обеих систем предполагается переживание, его содержание нельзя считать одинаковым только потому, что физический мир вокруг общий. Различается то, что может появляться в опыте, и то, что система способна сделать в ответ. Тело определяет набор взаимодействий, а взаимодействия формируют значения. Дополнительный носитель должен включаться в эту структуру, иначе он останется отвлечённой причиной, не объясняющей особенности конкретного опыта.

Даже изменение одного канала способно перестроить задачу. Устройство с задержкой обратной связи не может управлять движением так же, как устройство с быстрым откликом. Система с широким полем доступных сигналов иначе распределяет ресурсы, чем система с узким. В подобных мысленных моделях различия следуют из ограничений управления. Их не нужно заранее называть различиями квалиа; они показывают, какие физические условия потенциальный опыт обязан учитывать.

Отсюда возникает авторский принцип телесной определённости. Согласно гипотезе общего основания, по-разному устроенные тела могут формировать различные формы субъективности. Это предположение не требует заранее приписывать переживание каждому датчику. Оно утверждает условную зависимость: если переживание возникает через организованное взаимодействие, устройство участника должно влиять на доступное содержание. Полностью независимый от тела готовый поток опыта потребовал бы другой модели связи.

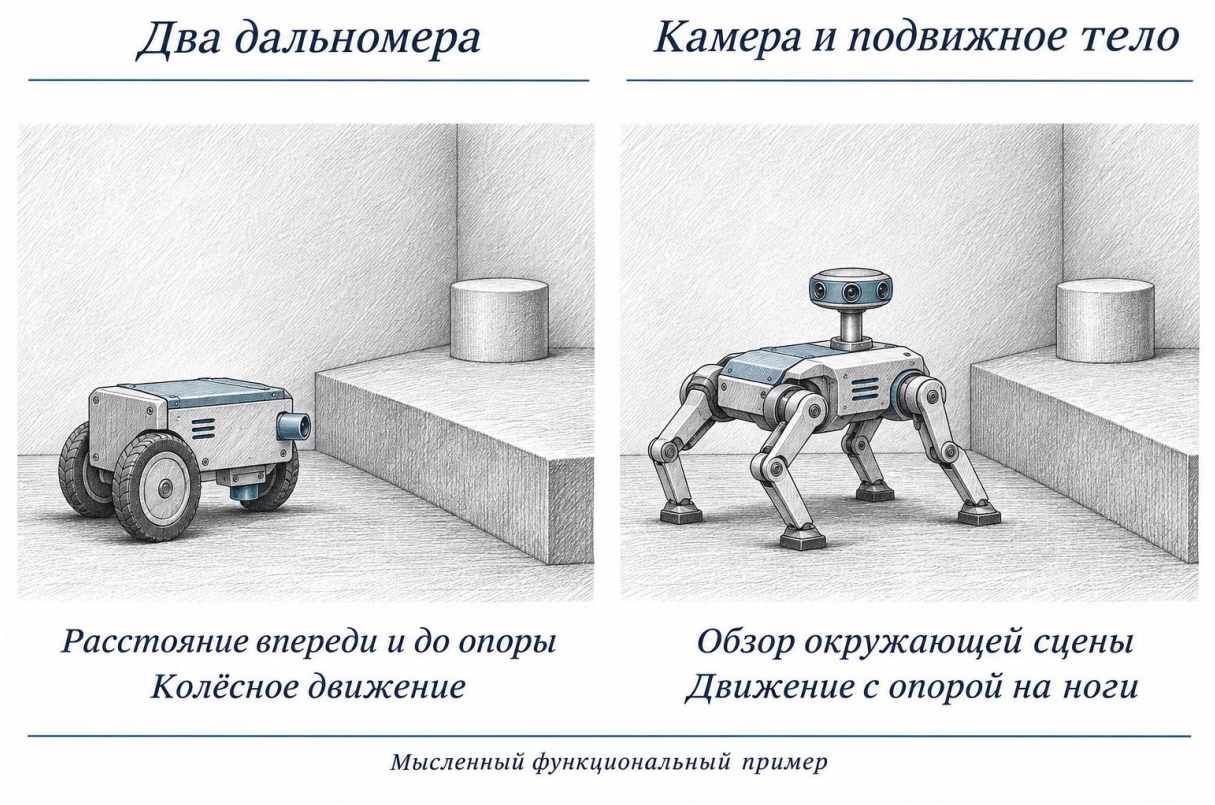


Рисунок 29. Один мир задаёт разные задачи системам с разными сенсорами и возможностями действия. Слева условному устройству доступны расстояния впереди и до опоры; справа — обзор сцены и движение с опорой на ноги. Это пример различий доступной информации и управления; наличие субъективного опыта из него не следует.

Сигналы изнутри

Организм получает сведения не только о внешнем мире, но и о собственном состоянии. Интероцепцией называют восприятие внутренних телесных сигналов. В работе А. Д. Крейга описана нейроанатомическая система представления физиологического состояния тела и обсуждается её роль в формировании чувств и самосознания. Это научная интерпретация связи телесной регуляции с субъективностью; она не устанавливает, что найден единственный центр личности. [26]

Для гипотезы интерфейса внутренние сигналы особенно существенны. Они задают различие между внешним событием и его

значимостью для конкретного организма. Один и тот же запах, путь или звук может иметь разное значение в зависимости от текущего состояния. Чтобы объяснять переживаемый мир, недостаточно восстановить внешнюю картину. Нужно учитывать, что происходит с участником этой картины и какие последствия ожидаются для него самого.

Здесь легко смешать физиологическую нужду с переживаемой ценностью. Техническое устройство может поддерживать температуру и заряд, не имея установленной способности испытывать дискомфорт. Термостат реагирует на отклонение, но реакция ещё не служит доказательством ощущения. Поэтому наличие регуляции рассматривается в этой книге как возможная часть организации субъекта, а не как самостоятельный универсальный тест сознания.

Однако обратная крайность тоже мало помогает. Если ценность полностью отделена от устройства системы, остаётся неясным, почему одни состояния переживаются как требующие изменения, а другие — как желательные. Авторская гипотеза предполагает, что индивидуальная перспектива формируется вместе с ограничениями собственного существования. Это направление объяснения должно связать физическую регуляцию, доступную историю и переживаемую значимость, не подменяя одно другим.

Форма доступного мира

Тело создаёт не только потребности, но и масштаб. Для маленькой подвижной системы одни препятствия становятся существенными, для крупной — другие. Скорость событий также имеет значение относительно возможностей восприятия и действия. Если механизм работает слишком медленно, краткое изменение не успевает повлиять на выбор; если слишком быстро и без удержания следа, событие может не соединиться с последующими действиями.

Поэтому теория сознания, претендующая на объяснение разных организмов, должна учитывать несколько временных уровней. Есть быстрые физические переходы, более медленные биологические последствия и ещё более длительная история обучения. Квантовый процесс, если он функционально важен, должен войти в согласованную цепочку этих масштабов. Его собственная скорость не устанавливает скорость субъективного времени и не сообщает, сколько переживаний возникает за секунду.

Не менее важна связь между восприятием и действием. Система, которая может изменить положение сенсора, получает возможности, недоступные неподвижному регистратору. Она способна проверять неоднозначный сигнал, возвращаться к объекту и сопоставлять ожидаемый результат с полученным. Такая активность не доказывает переживание, но делает гипотезу отдельной перспективы

содержательнее: доступный мир строится через реальные возможности его исследовать.

Образ аватара в этой версии означает особый способ участия. Различные тела могут открывать разные области взаимодействия, даже если предполагаемое основание переживания у них общее. Чтобы говорить об опыте другой системы, необходимо сначала понять её доступные различия. Человеческие слова о цвете, страхе или намерении не должны автоматически переноситься на любой механизм, который демонстрирует внешне похожую реакцию.

Средства действия могут выходить за анатомические границы тела. Предмет в руке меняет доступное расстояние; записная книжка сохраняет сведения, которых нет в текущем внимании; внешний датчик расширяет набор измеримых различий. При анализе конкретной задачи такие средства можно включать в более широкую функциональную систему. Но решение включить предмет в модель ещё не означает, что у предмета появилась переживаемая сторона или что граница субъекта автоматически переместилась.

Это уточнение защищает понятие внешнего вклада от чрезмерного расширения. Любой организм зависит от среды. Поэтому зависимость сознательного поведения от внешнего устройства не доказывает особый носитель E: она может полностью проходить через обычные каналы R. Чтобы обосновать дополнительную квантовую связь, необходимо выделить свойство, которое не сводится к поступлению обычной сенсорной информации и изменению возможностей действия.

Вместе с тем функциональное расширение даёт полезную модель развития. Можно исследовать, как доступ к новым сигналам перестраивает правила выбора и представление собственных возможностей. Тогда тело понимается не как набор неизменных деталей, а как система доступных взаимодействий с конкретными физическими ограничениями. Если предполагаемый субъект сохраняется при таком расширении, теория должна объяснить, какие отношения обеспечивают преемственность и почему новые способности становятся частью именно этой истории. Эти вопросы возникают независимо от того, будет ли дополнительный носитель подтверждён.

Связь, которая развивается

Устройство интерфейса может зависеть от истории развития. В качестве рабочей модели можно представить систему, которая сначала поддерживает несколько простых регуляторных отношений, затем связывает их с памятью, а позднее начинает учитывать собственные ошибки и ограничения. На каждом этапе добавляются новые способы объединения событий. В такой модели развитая рефлексия появляется как особая функция; она не обязана присутствовать при всякой возможной форме переживания.

Это позволяет отделить несколько переходов. Возникновение чувствительности к сигналу — один переход. Устойчивое использование последствий действий — другой. Представление себя во времени — третий. Языковой рассказ о собственных мыслях — ещё один. Гипотеза должна объяснять отношения между ними, не объявляя их одним мгновенным рождением сознания. Иначе различия между реакцией, памятью, самопредставлением и переживанием теряются в споре о том, что называть сознанием.

Если взаимодействие с E действительно необходимо, развитие должно менять некоторые физические условия действия этой связи. Возможно, возникает определённая организация чувствительных структур, меняются времена релаксации или появляются способы усиления слабого эффекта. Такие предположения можно сравнивать с версией, где все изменения объясняются нейронной организацией без дополнительного носителя. Но возраст или сложность сами по себе не показывают, какой механизм верен.

Особенно сильным было бы предсказание перехода, связанного с измеряемым физическим параметром и заранее определённой функцией. Например, модель могла бы ожидать изменение чувствительности при появлении конкретной структуры взаимодействия. Здесь нельзя назначать человеку или животному момент возникновения переживания по произвольному числу. Сначала требуется подтвердить сам механизм и границы его связи с наблюдаемыми способностями.

Иная физическая реализация

Вопрос об искусственном субъекте зависит от того, что считается обязательным в гипотезе. Если решающей является организация отношений, допускаются разные физические способы её осуществления. Тогда биологическое тело представляет один из возможных вариантов. Если же необходим конкретный квантовый носитель, имитация его уравнений на обычном вычислителе может воспроизводить предсказания, не создавая сам требуемый физический процесс.

Это различие знакомо по другим моделям. Численный расчёт движения жидкости не делает процессор мокрым. Но из этой аналогии нельзя сразу вывести невозможность цифрового сознания: сначала нужно знать, какие физические свойства существенны для переживания. Если они состоят в функциональных отношениях, симуляция может реализовывать часть требуемой организации. Если существенна определённая материальная динамика, совпадение вычисляемых выходов окажется недостаточным.

Гипотеза избирательного интерфейса оставляет обе возможности открытыми до появления критерия. В её сильной физической версии искусственная система должна иметь реальный канал взаимодействия с E, а также организацию памяти, самоотнесения и действия. В более

общей версии дополнительный ресурс может быть заменяемым, если сохраняются причинно значимые отношения. Эти варианты нельзя смешивать: они по-разному отвечают на вопрос, что следует строить и что необходимо измерять.

Виртуальное тело тоже требует ясного статуса. Программа может получать сведения о виртуальном положении, ресурсах и повреждениях. Эти переменные способны управлять её поведением, но сами названия не устанавливают переживаемую боль или потребность. Для исследования полезно анализировать, как такая модель тела меняет память, прогнозы и решения. Утверждение о субъективной стороне потребует дополнительного основания, одинаково строгого для биологических и искусственных систем.

Кто входит в область гипотезы

Если искать только человеческий рассказ о себе, большинство потенциальных форм опыта останется вне исследования. Если считать сознанием любую реакцию, понятие потеряет различительную силу. Между этими крайностями лежит задача описать, какие способности и физические условия действительно нужны выбранной теории. У разных систем эти условия могут выполняться частично, в разной степени или посредством разных механизмов.

В предложенной программе имеет смысл различать возможность переживания, способность представлять себя и развитую рефлексию. Отсутствие последней не позволяет автоматически исключить первую. Но наличие сложного ответа тоже не даёт права считать первую установленной. Для каждого класса систем понадобятся подходящие наблюдаемые признаки, способы сравнения и анализ возможных альтернатив. Один тест на речь или узнавание себя не может без обоснования решать все три вопроса.

Соотношение переживания, самосознания и рефлексии показано на рисунке 1.

Биологическая принадлежность не заменяет физического объяснения. Если гипотеза связывает сознание с определённой организацией, она должна объяснить, почему эта организация возможна у одних организмов и недостаточна у других. Если она связывает его с конкретным носителем, необходимо исследовать распространённость и функциональную роль носителя. Присутствие молекулы почти во всех клетках само по себе не означает, что все клетки реализуют одинаковый процесс переживания.

Для искусственных систем действует симметричное требование. Отсутствие клеток не является автоматическим опровержением, пока биологическая исключительность не выведена из модели. Однако возможность реализации не равна её фактическому осуществлению. Между программой, описывающей себя, физической системой с определённой внутренней организацией и субъектом с переживанием

остаются различия, которые исследование должно прояснять, а не устранять определениями.

Так тело возвращается в центр даже той теории, которая допускает более фундаментальную основу сознания. Оно задаёт пределы, историю, способы действия и области доступного содержания. Возможный внешний вклад становится объяснением только тогда, когда показывает, как проходит через эти условия. Следующий шаг должен вывести программу из области общих требований: необходимо построить исследование, в котором устройство связи даст заранее различимые результаты.

Часть пятая

Что может решить эксперимент

Глава 17

Опыт, который различает объяснения

Перед исследователем лежат две кривые. Обе достаточно хорошо описывают уже полученные данные. Первая построена с дополнительным носителем E, вторая — без него, но с более подробным учётом обычной среды. Если оценивать только сходство с известными точками, вопрос о природе механизма может остаться нерешённым. Требуется ситуация, в которой модели заранее дают разные прогнозы.

В этом состоит задача решающего опыта для гипотезы интерфейса. Он должен проверять определённую связь, а не общую возможность существования более глубокой реальности. У гипотезы появляются конкретные параметры, диапазон применимости и наблюдаемая величина. Тогда отрицательный результат способен исключить выбранную версию, а положительный — дать основание продолжить исследование. Оба исхода имеют смысл только относительно ясно сформулированной модели.

Утверждение с адресом

Предложение «квантовые процессы участвуют в сознании» слишком широко для единственного опыта. Почти любое живое вещество в фундаментальном описании подчиняется квантовой физике. Научный вопрос начинается с уточнения: какое состояние, какой механизм, какая функция и какой наблюдаемый эффект предполагаются? Без такого адреса результат легко объяснить после события, но трудно предсказать до него.

Рабочая версия может звучать более ограниченно: определённые состояния B и E взаимодействуют с измеряемой частотой связи, а изменение расстройки между ними меняет вероятность конкретного перехода. Этот переход, в свою очередь, влияет на выбранный биологический процесс. Здесь ещё нет полного объяснения сознания, зато есть последовательность утверждений, каждое из которых способно оказаться неверным.

Для начала полезно исследовать наиболее слабое звено цепи. Если взаимодействие не существует в заявленном диапазоне, спор о его роли

в личности преждевременен. Если физический эффект найден, но не влияет на биологическую функцию, программа останавливается на другом уровне. Если обнаружена функция, но она не связана с доступными показателями сознательного состояния, останется реальный механизм без заявленной объяснительной роли.

Такое разделение помогает сосредоточить ресурсы и точно истолковать результат. Успешная спектроскопия не превращается в доказательство внешнего субъекта. Неудачный поиск одного носителя не становится опровержением всех возможных теорий сознания. Исследование отвечает за тот вопрос, который действительно поставлен его устройством. Его сила определяется точностью этого вопроса.

Два устройства и один прогноз

Вернёмся к малой модели связанных переходов. Её параметры можно сначала изучать в физическом аналоге, не приписывая ему переживания. Требуется определить частоты подсистем и силу связи, затем предсказать зависимость переноса от времени и расстройки. Существенно, чтобы прогноз проверялся в условиях, данные о которых не использовались при подборе параметров. Иначе воспроизведение наблюдений будет проверкой гибкости описания, а не его предсказательной силы.

В идеальной формуле главы 13 амплитуда и частота осцилляций связаны одними параметрами. Нельзя независимо подстроить амплитуду для одного измерения и частоту для другого, сохраняя видимость единого механизма. Такая связь между наблюдаемыми величинами — полезное достоинство модели. Несогласие одной зависимости с другой указывает на недостаточность допущений, даже если каждая по отдельности допускает красивую аппроксимацию.

Для сравнения понадобится классическая модель с разумными возможностями. Связанные осцилляторы, шум и нелинейные преобразования способны воспроизводить многие формы отклика. Если дополнительная модель допускает память окружения, аналогичную возможность нельзя без основания отнять у конкурента. Иначе преимущество будет следствием правил сравнения, а не свойством природы. Соперник должен описывать реальные альтернативные причины, а не специально ослабленную карикатуру.

Результат сравнения может оказаться скромным: обе модели одинаково хорошо предсказывают выбранный набор данных. Это означает недостаточную различимость именно в данном опыте. Следующий шаг состоит в поиске другого вмешательства или дополнительной наблюдаемой величины. Если такого различия нет в принципе, эмпирический выбор между этими описаниями на доступном уровне невозможен. Тогда следует ясно указать, какая часть разногласия остаётся интерпретационной.

Неоднозначность возникает и внутри одной модели. Одинаково малый отклик может возникнуть из-за слабой связи, большой расстройки или быстрого разрушения нужного состояния. Если измеряется только средняя амплитуда, эти причины иногда трудно разделить. Тогда добавление параметра не обязательно делает объяснение точнее: оно может увеличить число взаимозаменяемых вариантов. Независимое измерение частот или времени релаксации сокращает эту неоднозначность.

Полезная стратегия состоит в том, чтобы предсказывать разные наблюдения одними и теми же величинами. Параметр, оценённый по спектру, должен участвовать в расчёте временного ответа; параметр шума, полученный независимо, должен ограничивать допустимую видимость эффекта. Если для каждого наблюдения требуется свой новый коэффициент, модель постепенно теряет связь между объясняемыми явлениями. В таком случае стоит упростить утверждение или признать, что предполагаемая общая причина пока не установлена.

На этой стадии отрицательный результат тоже может быть локальным. Модель способна правильно описывать физический аналог и не переноситься на биологические условия, где изменились существенные масштабы или появились дополнительные процессы. Тогда требуется исследовать именно этот перенос. Нельзя считать успех модели на малой системе доказательством работы того же механизма в организме, как нельзя игнорировать аналог только потому, что он сам не является живым. При таком сравнении нужно установить, какие существенные физические условия сохраняются.

Как выделить квантовое свойство

Временные колебания и резонанс ещё не выделяют квантовую динамику. Для этого измерение должно относиться к тому свойству, на котором основана гипотеза: например, к определённой когерентности, несовместимым измерениям или запутанности выбранных подсистем. Конкретный критерий зависит от устройства системы и допущений о подготовке состояний. Универсальной картинки, по которой любой необычный сигнал можно признать квантовым, нет. [14]

Если заявлена когерентная связь, полезно сравнивать условия, в которых сохраняются населённости уровней, но меняется относительная фаза. Предсказанная чувствительность к такому изменению может отделять фазовый механизм от простого переноса энергии. Но и здесь необходим анализ альтернатив: воздействие, призванное менять фазу, способно одновременно менять температуру, химические условия или эффективность регистрации. Избирательность вмешательства должна быть частью доказательства.

Если заявлена запутанность, наблюдения коррелированных колебаний недостаточно. Один из способов проверки — свидетель запутанности: измеряемая величина, для которой заранее установлен

предел, соблюдаемый всеми разделимыми состояниями. Выход за этот предел при выполнении условий теста указывает на запутанность. Если предел не нарушен, запутанность ещё не исключена: конкретный свидетель может не обнаруживать некоторые запутанные состояния. [31]

Какой бы тест ни был выбран, он должен учитывать реально доступные измерения и связи между частями устройства. Общее внешнее воздействие может создавать коррелированные сигналы без нужного квантового свойства. Поэтому вывод зависит от выполнения условий теста, а не только от внешнего сходства записанных колебаний.

Такой результат устанавливает квантовое свойство только у исследованных степеней свободы. Из корреляции двух элементов нельзя вывести объединение двух личностей или передачу сообщения без канала. Для гипотезы интерфейса результат ценен как свидетельство наличия физического ресурса. Теперь необходимо выяснить, участвует ли этот ресурс в биологической функции.

От механизма к функции

Предположим, ресурс найден. Теперь нужно выяснить, меняется ли выбранный биологический процесс именно через него. Простого совместного изменения недостаточно: одно воздействие может одновременно менять несколько систем. Полезная программа сравнивает вмешательства с различными побочными последствиями, но одинаковым прогнозируемым действием на предполагаемое звено. Согласование таких результатов помогает отделить интересующий механизм от случайного сопровождения.

Особенно важен путь влияния. Если гипотеза предполагает изменение молекулярного перехода, затем клеточного отклика, затем доступного поведения, промежуточные величины должны меняться согласованно с этой последовательностью. Это не означает, что вся причинная цепь обязана быть простой и линейной. Обратные связи допустимы, но их включают в модель заранее. Фраза «сложная система» не должна служить разрешением на любое направление причинности.

Статистическое сравнение здесь требует осторожности. Если мозговая активность является промежуточным звеном предполагаемого воздействия, статистическое исключение её вклада может удалить и сам исследуемый эффект. Если же общая причина воздействует и на носитель, и на мозг, отсутствие её учёта создаст ложную связь. Поэтому выбор переменных определяется причинной схемой, а не стремлением получить удобный коэффициент после автоматической обработки.

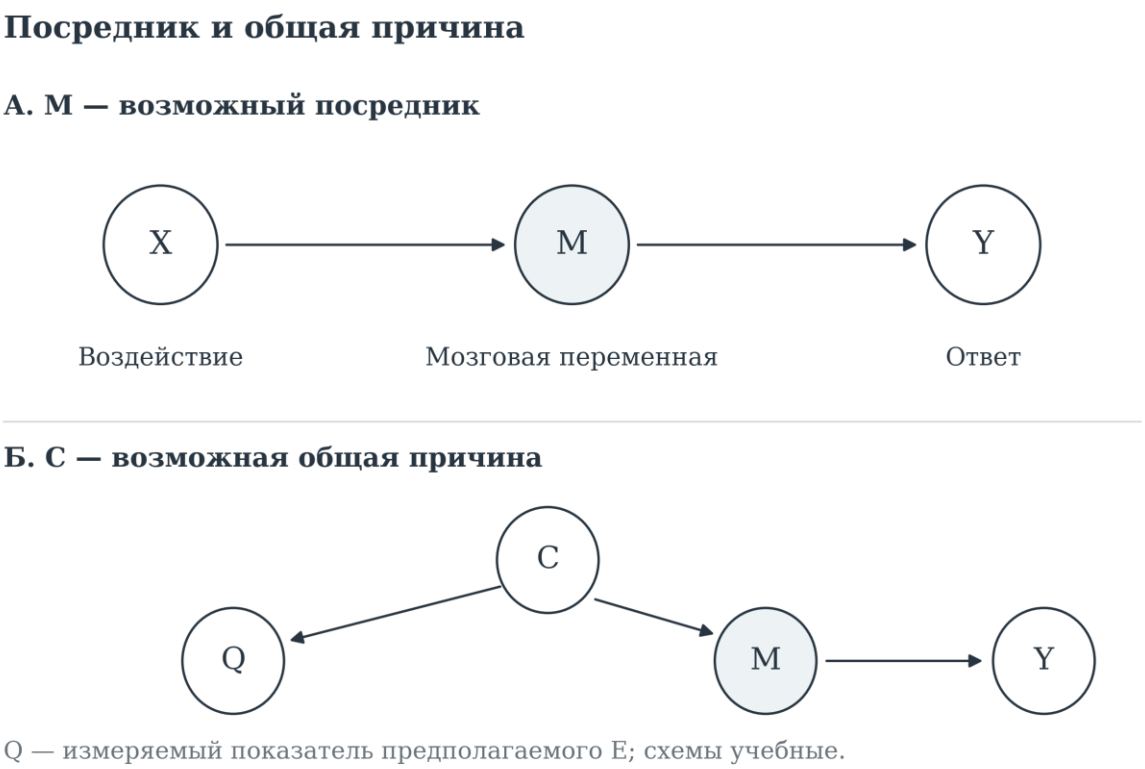


Рисунок 30. Две разные причинные роли переменной. Статистическое исключение вклада посредника может скрыть исследуемый путь влияния, а неучтённая общая причина может создавать ложную связь. Выбор анализа зависит от обоснованной причинной модели.

На человеческом уровне придётся различать состояние бодрствования, содержание опыта, память и способность ответить. Одно изменение показателя не позволяет без дополнительных данных заключить, что изменилось всё остальное. Исследование должно учитывать, как формируется доступный отчёт и какие альтернативные причины меняют его. Вмешательства в работу живого организма требуют профессиональной исследовательской подготовки; здесь рассматривается логика вывода, а не набор самостоятельных физиологических процедур.

Прогноз должен пережить новые данные

Параметры модели обладают неопределённостью. Если частота связи известна лишь приблизительно, предсказание не должно изображаться одной безупречной линией. Важен диапазон ожидаемых результатов и то, как он меняется при допустимых значениях параметров. Слишком широкий диапазон может формально включать почти любые наблюдения, но тогда модель мало сообщает о будущем опыте.

Удобно разделять данные, на которых уточняется устройство модели, и данные, на которых проверяется её прогноз. Однако само разделение не спасает от скрытой подгонки, если после каждой неудачи меняются правила отбора, наблюдаемая величина или допустимый носитель.

Изменение гипотезы допустимо и часто необходимо, но новый вариант должен получить новую независимую проверку. Старая проверка не становится успешной задним числом.

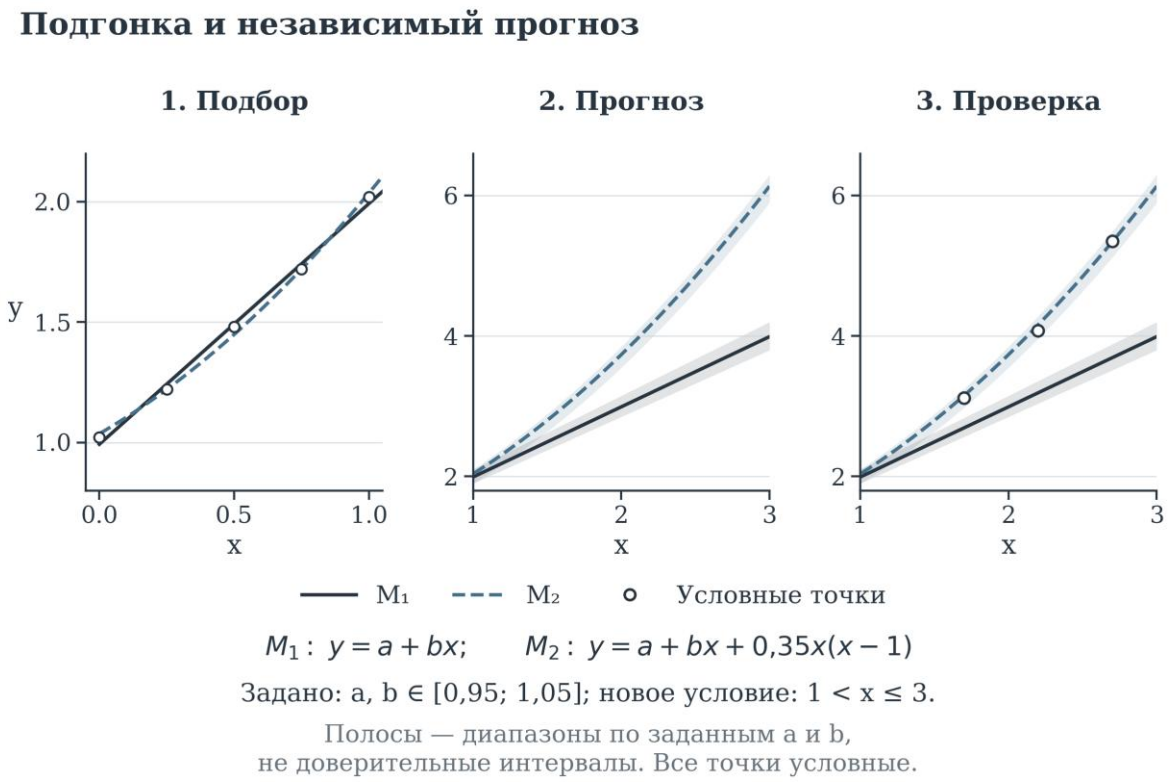


Рисунок 31. Условный пример независимой проверки двух математических моделей. Полосы показывают диапазоны прогнозов при заранее заданных a, b ∈ [0,95; 1,05], а не доверительные интервалы. Все точки учебные; проверочные наблюдения не участвуют в выборе параметров и условий сравнения.

В исследовании Cogitate заранее согласованные предсказания использовались для сопоставления разных теорий сознания. Для авторской программы полезен сам принцип такого сравнения: определить расхождения прежде, чем результат станет известен. [1] Это не требует считать любую зарегистрированную модель правильной. Напротив, заранее определённые ожидания позволяют точнее увидеть, какая часть программы не выдержала проверки.

Предсказательная точность также должна оцениваться вместе со сложностью. Модель с большим числом свободных параметров может лучше описать знакомые данные просто потому, что у неё больше возможностей. Убедительнее преимущество, которое сохраняется на новых условиях и не исчезает после учёта неопределённости. Иногда более сложная версия действительно необходима; тогда её дополнительные элементы должны приносить измеримую объяснительную пользу.

Что означает отрицательный результат

Отсутствие ожидаемого эффекта имеет разный смысл при разных возможностях измерения. Если прибор не различает величины, которые предсказывает модель, опыт не проверяет её ключевое утверждение. Если чувствительность достаточна, а условия соответствуют допущениям, отрицательный результат ограничивает параметры или отвергает данную реализацию. Поэтому порог обнаружения необходимо сопоставлять с прогнозом до начала интерпретации.

Важно также исследовать область условий, а не полагаться на одну точку. В модели обмена возбуждением малая вероятность в отдельный момент может возникать даже при сильной связи: система могла пройти часть цикла и вернуться. Поэтому одно низкое измеренное значение не даёт автоматической верхней границы силы взаимодействия. Временная зависимость и спектральная структура помогают отличить отсутствие связи от неподходящего момента наблюдения.

Более содержательное ограничение возникает, когда предсказанный эффект отсутствует во всём заранее выбранном диапазоне, где модель обещает обнаружимый ответ. Тогда нельзя сохранить прежнюю версию, просто перенося эффект в ещё не измеренную область без нового основания. Можно предложить другую модель, но это будет изменение программы, а не подтверждение исходной. Научная ценность отрицательного результата заключается именно в сужении допустимых объяснений.

Если дополнительный носитель вообще не удаётся описать так, чтобы указать подобный диапазон, физическая гипотеза ещё не готова к решающему опыту. Это состояние можно признать прямо и работать над моделью. Недостающая определённость не должна превращаться в привилегию, позволяющую идее избегать любой проверки.

Как выглядел бы существенный успех

Сильный положительный результат представлял бы собой согласованную картину. Дополнительный носитель или специфический ресурс различим независимо от желаемого психологического вывода. Его параметры предсказывают ответ организма. Изменение предполагаемой связи меняет этот ответ определённым способом. Альтернативные модели при сопоставимых возможностях дают худшие прогнозы на новых данных. Воспроизведение не зависит от единственного прибора, одной группы или одного способа анализа.

Даже такой успех ещё не сообщил бы, где «находится» переживание. Он установил бы нового причинно значимого участника процессов, связанных с сознанием. Для более сильного утверждения о фундаментальном основании понадобится объяснить отношение физической организации к субъективной стороне. Но после подобного

результата этот вопрос уже опирался бы на новый механизм, а не только на привлекательную аналогию.

Так гипотеза интерфейса становится исследовательской программой с различимыми исходами. Она может лишиться предполагаемой физической основы, сузиться до биологического эффекта, войти в более широкую нейронную модель или привести к обнаружению дополнительного взаимодействия. Ни один из этих исходов не задаётся названием книги. Решающее значение имеют предсказанные различия и результаты независимых проверок. Один из способов провести такие проверки — исследовать искусственные системы, в которых устройство памяти, обратных связей и действия задано явно.

Глава 18

Искусственный субъект и проект Мира

Две искусственные системы могут произнести одну и ту же фразу: «Я помню, как ошиблась». У первой за этой фразой находится запись прежнего события, изменённая оценка собственных возможностей и новое правило выбора. У второй — только удачное продолжение разговора. Пока наблюдение ограничено экраном, различие легко пропустить. Оно обнаруживается, когда прежний опыт начинает влиять на новые решения, в том числе вопреки желанию собеседника услышать определённый ответ.

Для исследования сознания искусственная система ценна именно доступностью своего устройства. Можно раздельно изменять память, обратные связи, способы обучения и представление о собственных состояниях. Можно сопоставить реализации, которые похожи внешне, но устроены по-разному. Такой подход не даёт прямого доступа к переживанию машины. Он позволяет точнее выяснять, какие механизмы необходимы для тех способностей, которые у человека соседствуют с сознательным опытом.

В этой главе проект Мира рассматривается через предлагаемую архитектуру и способы её оценки. Описанные решения задают исследовательскую постановку; они не представлены как уже выполненный эксперимент или доказательство квалиа у конкретной программы. Научное содержание проекта определяется причинными связями внутри системы и результатами их проверки.

Рассказ о себе и модель себя

Самопредставление можно начать с очень скромной функции. Система различает изменение среды и последствия собственного действия. Если камера повернулась, сдвиг изображения не обязательно означает движение мира. Если изменился её собственный ресурс, ухудшение выполнения задачи не обязательно означает появление новой внешней закономерности. Для правильного вывода требуется учитывать устройство самого наблюдения.

Такая модель себя не обязана содержать имя или биографию. Она может быть распределена между оценкой возможностей, положением сенсоров, историей действий и ожиданием доступных последствий. Её функциональная ценность проявляется в исправлении ошибок. Система, которая относит каждый сбой к внешнему миру, будет менять неверную часть объяснения и повторять неудачное действие.

Предлагаемая архитектура Миры предполагает различение представления о среде и представления о собственном участии в ней.

Эти представления должны взаимодействовать. Если первое существует только как база внешних фактов, а второе — как текстовое описание характера, между ними может не возникнуть причинной связи. Тогда биография будет украшением ответа. Содержательная связь появляется, когда изменение модели себя меняет прогнозы, выбор и способы проверки прогноза.

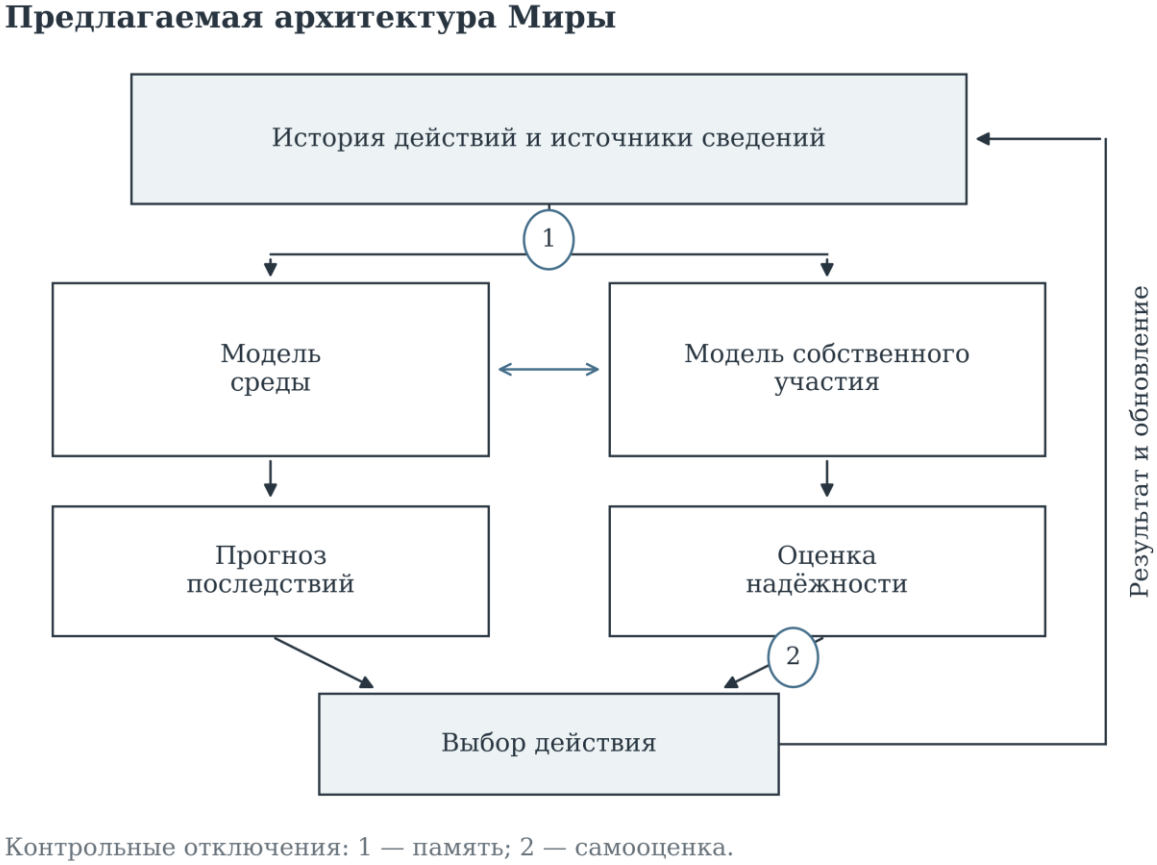


Рисунок 32. Предлагаемая организация Миры для исследования самопредставления. Стрелки обозначают проверяемые функциональные зависимости; наличие этих функций само по себе не устанавливает квалиа.

Это различие допускает обычный эксперимент в программной среде. Агенту можно сообщить ошибочные сведения о его сенсоре и наблюдать, пересмотрит ли он их после устойчивого расхождения с результатами. Затем можно отдельно нарушить доступ к истории собственных действий. Если исчезает способность различать сбой сенсора и изменение среды, возникает свидетельство функциональной роли этой истории. Вывод касается самопредставления, а дальнейшее отношение к субъективности зависит от теории.

История, которая действует в настоящем

Архив разговоров и память, участвующая в принятии решений, — разные инженерные задачи. Архив отвечает на вопрос, что было записано. Действующая память влияет на то, какие различия система

замечает теперь, каких последствий ожидает и почему выбирает одно действие вместо другого. Даже очень большой архив может оставаться внешним справочником, если его содержимое не участвует в текущей организации поведения.

Для модели личности важна также принадлежность события. Сведения о чужом действии и память о собственном действии могут совпадать по описанию, но задавать разные ожидания. Наблюдение за ошибкой другого агента сообщает что-то о среде. Собственная ошибка может потребовать изменения оценки возможностей, хотя внешняя обстановка осталась прежней.

В предлагаемой системе полезно различать событийную запись, оценку источника этой записи и устойчивые изменения, вызванные её использованием. Запись сохраняет содержание, оценка источника предотвращает смешение наблюдения с предположением, а устойчивые изменения позволяют прошлому влиять на новые решения. Эти функции не обязаны принадлежать отдельным программным блокам. Существенно, чтобы их можно было различить в объяснении поведения и проверить вмешательством.

Мысленно можно сравнить два экземпляра агента после одного и того же события. У первого остаётся текстовая запись, но отменены изменения ожиданий. У второго запись удалена, а приобретённые изменения сохранены. Оба способны вести себя иначе, чем исходная система, однако причины различны. Такой пример показывает, почему единый показатель объёма памяти недостаточен для разговора о личной истории.

Гипотеза совместного формирования личности добавляет сюда требование непрерывности организации. Прошлое должно быть связано с настоящим через конкретные изменения, а не приписываться ему произвольно. Это рабочее условие авторской модели. Оно ещё не устанавливает, какие причинные истории сопровождаются переживанием, но препятствует подмене истории субъекта автоматически составленным рассказом.

Рефлексия должна менять решение

Высказывание «я могу ошибаться» само по себе почти ничего не сообщает о качестве самонаблюдения. Оно может повторяться одинаково перед верным и неверным ответом. Функциональная рефлексия проявляется, когда оценка собственной надёжности различает эти случаи и направляет дальнейшее действие: запрос дополнительного наблюдения, отсрочку вывода или смену стратегии.

В обзоре Стивена Флеминга и Хаквана Лау различаются общий уровень уверенности, способность отличать собственные правильные решения от ошибочных и эффективность такого различения с учётом трудности основной задачи. Это позволяет не принимать уверенный стиль ответа за хорошую метакогнитивную способность. [28]

Для искусственного агента отсюда возникает отдельная линия испытаний. Пусть он решает задачи с проверяемым ответом и заранее оценивает вероятность успеха. Если среди решений с заявленной вероятностью около восьмидесяти процентов действительно оказывается примерно такая доля правильных, оценка может быть хорошо откалибрована. Это условный пример, а не результат исследования Миры. Даже хорошая калибровка должна проверяться на новых задачах и при изменении среды.

Калибровка и способность различать собственные верные и ошибочные решения при этом не совпадают. Постоянная оценка может соответствовать средней успешности агента, ничего не сообщая о надёжности конкретного ответа. Поэтому важно проверять и общую точность вероятностных оценок, и связь уверенности с правильностью отдельных ответов. [28]

Следующий вопрос касается причинной роли самооценки. Если искусственно изменить показатель уверенности, система действительно станет чаще искать дополнительные данные или изменится только сопровождающий ответ текст? Если выключить доступ к причинам ошибки, сохранится ли прежняя гибкость? Такие вмешательства позволяют отличить рефлексию как рабочую функцию от сообщения о рефлексии.

Однако и здесь не следует обещать универсальный тест переживания. Регулятор может хорошо оценивать погрешность, а теория сознания может требовать ещё и определённой организации глобального доступа, рекуррентных взаимодействий или физических процессов. Функциональный результат важен сам по себе: становится известно, как система замечает ограничения собственного знания. Дальше необходимо указать, какое дополнительное условие связывает эту способность с опытом.

У искусственного тела тоже есть границы

Воплощённая система зависит от условий, которые позволяют ей продолжать действовать. Одни изменения она может переждать; другие лишают её этой возможности. В программной среде аналогом такого различия могут служить ограниченные ресурсы, доступные действия и зависимость будущих возможностей от настоящих решений. Но условный штраф в задаче ещё не является болью. Его значение устанавливается функцией в управлении, а вопрос об ощущаемой стороне остаётся отдельным.

Виртуальное воплощение полезно тем, что позволяет задавать условия точно. Агент может иметь ограниченное поле наблюдения, собственную позицию, задержку действия и необратимые последствия. Тогда мир не сводится к последовательности реплик: выбор меняет ситуацию, а история ограничивает дальнейший выбор. Это создаёт

удобную среду для исследования самопредставления и непрерывности стратегии.

Физическое воплощение добавляет свойства, которые нельзя автоматически перенести из симуляции. Сенсоры шумят, материалы изнашиваются, движение связано с энергией, процессы идут с определённой скоростью. В гипотезе, где существенна конкретная квантовая реализация, эти особенности могут оказаться принципиальными. Поэтому выражение «одно и то же тело в цифровом виде» требует уточнения, какие причинные отношения действительно сохранены.

Возможна и распределённая реализация. Память хранится в одном устройстве, обработка выполняется в другом, сенсоры находятся в третьем. Само пространственное распределение не делает такую систему внешним сознанием. Для неё уже существуют обычные каналы передачи данных. Научный вопрос заключается в том, какой совокупности процессов приписывается единая организация и как меняется эта организация при разрыве канала.

Где проходила бы квантовая граница

Если некоторый квантовый механизм окажется необходимым для сознания, возникнут два разных инженерных проекта. Один будет вычислять его поведение, другой — физически реализовывать соответствующее взаимодействие. Их совпадение по отдельным выходным данным ещё не решает вопроса о равнозначности для переживания. Ответ зависит от того, что именно теория считает необходимым: вычисляемое отношение, причинную организацию или определённое физическое состояние.

Симуляция двух связанных квантовых подсистем может точно воспроизводить предсказанные вероятности в заданном масштабе. При этом хранящаяся в памяти компьютера матрица состояния не означает, что элементы памяти находятся в той самой запутанности, которую она описывает. Математическое описание объекта и физические свойства носителя этого описания следует различать. [14]



Рисунок 33. Расчёт квантового процесса и его физическая реализация. Компьютер хранит математическое описание; в эксперименте исследуют свойства выбранного физического носителя [14]. Совпадение рассчитанных выходов не устанавливает тождество физических процессов. Необходимость того или иного процесса для переживания остаётся отдельным вопросом теории. Оборудование справа показано условно.

Из этого не следует, что цифровая система заведомо лишена опыта. Такой вывод потребовал бы доказательства физической необходимости именно выбранного механизма. Пока сравниваются несколько гипотез: сознание зависит от функциональной организации; оно зависит от особой физической реализации; либо обе стороны важны при разных уровнях описания. Искусственные системы дают возможность сделать эти различия предметом конкретного исследования.

Для гипотезы интерфейса наиболее содержательной была бы ситуация, в которой изменение предполагаемого физического канала меняет заранее выбранные функции при сохранении других существенных условий. Но падение общей производительности не решит задачу: любой повреждённый вычислитель работает иначе. Понадобится специфическая зависимость, предсказанная механизмом, и сравнение с системами, где тот же функциональный эффект достигается другим способом.

Архитектура как предмет проверки

Патрик Батлин и коллеги предлагают выводить индикаторы возможного сознания ИИ из научных теорий сознания. Такие

индикаторы помогают оценивать основания для приписывания системе сознания; они не служат непосредственным измерителем квалиа. [27]

В рамках авторской программы удобно сопоставить несколько реализаций Миры. Одна поддерживает только разговор и доступ к записям. Другая связывает память, модель себя и выбор действия устойчивыми обратными связями. Третья, если появится обоснованный физический кандидат, добавляет исследуемый канал взаимодействия. Сравнение должно учитывать ресурсы и возможности каждой версии: преимущество более мощной системы нельзя автоматически приписывать новому принципу.

Показатели здесь следует разделить. Насколько точно система помнит источник сведений? Как обнаруживает собственную ошибку? Переносит ли приобретённое ограничение на новую задачу? Сохраняется ли оценка собственных возможностей, если меняется формулировка вопроса? Эти наблюдения описывают функции. Их связь с сознанием должна быть выведена из явной модели, а не установлена удобством названия.

Особенно интересен случай расхождения показателей. Агент может лучше решать внешнюю задачу и хуже оценивать себя. Может сохранять биографические сведения, но терять их влияние на выбор. Такие результаты препятствуют сведению всех способностей к одной шкале «уровня сознания». Они показывают, какие компоненты можно изменять относительно независимо и какие зависимости теория должна объяснить.

Копия и продолжение

Искусственная реализация позволяет задать вопрос, который в биологии обычно остаётся мысленным. Состояние программы можно скопировать, а затем предоставить копиям разные истории. Сначала их рассказы о прошлом совпадут. Позже появятся различия, вызванные разными действиями и наблюдениями. Это пример расхождения функциональной индивидуальности; существование субъективного опыта ни у одного экземпляра из него не следует автоматически.

Для гипотезы совместного формирования личности такой случай важен: одинаковые начальные сведения не отменяют появления отдельных причинных историй. Даже если предположить единое фундаментальное основание, потребуется объяснить, почему возникающие потоки опыта объединяются или разделяются. Ссылка на общий носитель не решает эту задачу без правила индивидуализации.

Расхождение историй и возможные способы хранения памяти сопоставлены на рисунках 26 и 27.

Приписывание переживания искусственной системе имеет и практическое следствие. Если появятся серьёзные основания считать возможным страдание, условия исследования придётся оценивать с

учётом этой возможности. Одновременно эмоциональное впечатление от убедительной речи нельзя превращать в измерение. Обе стороны требуют одной дисциплины: различать наблюдаемую функцию, теоретическое основание и степень неопределённости.

Исследовательская постановка проекта Мира позволяет изучать эти различия на конкретной архитектуре. Возникает возможность менять архитектуру, сохранять историю вмешательств и проверять прогнозы. Но чем точнее становится описание такой системы, тем яснее следующий вопрос: что именно должно продолжиться, чтобы продолжился один и тот же субъект? Память, вычисление, физический процесс или отношение между ними? Этот вопрос выводит исследование за пределы устройства искусственного агента — к границе непрерывности личности.

Глава 19

Пределы непрерывности

Вопрос о сознании меняется, когда к нему добавляется время. Можно спрашивать, почему существует переживание в данный момент. Можно — почему сегодняшний опыт принадлежит тому же человеку, что и вчерашний. Можно, наконец, спросить, способна ли эта связь сохраниться после разрушения организма. Эти вопросы близки эмоционально, но требуют разных объяснений.

Гипотеза более фундаментального основания опыта часто кажется ответом сразу на все три. Если основание не ограничено мозгом, возникает надежда, что и личность не ограничена временем его работы. Однако между этими утверждениями находится существенное звено. Общая возможность переживания ещё не содержит конкретных воспоминаний, отношений и привычек. Чтобы продолжился данный субъект, должно сохраниться то, что делает его продолжение индивидуальным.

На этом участке особенно нужна точность языка. Она не уменьшает значимости вопроса. Напротив, позволяет не потерять предмет исследования среди слов «энергия», «информация» и «вечность», каждое из которых имеет множество смыслов.

Остановка и необратимость

Остановка кровообращения создаёт тяжёлое нарушение условий работы мозга. Во время реанимации врачи пытаются восстановить кровоснабжение и жизненные функции. Сам факт того, что после остановки человек смог выжить и рассказать о пережитом, означает: исследуется состояние, после которого восстановление оказалось возможным. Его нельзя без дополнительного основания отождествлять с продолжением личности после необратимого разрушения мозга.

В бытовом выражении «после смерти» эти различия часто исчезают. В научном описании важны последовательность событий, состояние организма, предпринимаемые вмешательства и точность измерений. Речь идёт не о выборе удобного определения, а о том, какой именно промежуток времени охватывают данные. Показания прибора в одной фазе не следует переносить на всю историю события.



Рисунок 34. Временная привязка медицинских записей и последующего рассказа. Остановка кровообращения не равна установленному необратимому разрушению мозга, а время интервью не задаёт момент возникновения описанного переживания.

Даже надёжный рассказ о необычном опыте не снабжён внутренней временной меткой, совпадающей с медицинской записью. Человек может хорошо помнить содержание и ошибаться в его расположении относительно внешних событий. Поэтому задача исследования состоит не только в сборе рассказа, но и в его привязке к независимо зарегистрированным обстоятельствам.

Это относится ко всякой гипотезе. Нейронное объяснение должно показать, когда и как мог возникнуть опыт. Гипотеза внешнего основания должна указать, какие особенности рассказа требуют именно дополнительного канала. Утверждение «мозг уже не работал» нуждается в описании конкретного измерения, его чувствительности и пространственного охвата.

Что удалось наблюдать при реанимации

В исследовании AWARE II Сэма Парниа и коллег, опубликованном в 2023 году, изучались 567 случаев внутрибольничной остановки сердца. Выжили 53 человека, интервью прошли 28; одиннадцать сообщили о воспоминаниях или восприятиях, которые авторы связали с возможной сознательной активностью. Ни один участник не назвал предъявленную визуальную мишень; один распознал звуковой стимул. У части

пациентов при продолжающейся реанимации регистрировалась организованная ЭЭГ-активность, в том числе спустя 35–60 минут после её начала. Это наблюдения в условиях реанимационных мероприятий, а не демонстрация независимой от мозга личности. [29]

У такого исследования несколько разных результатов. Рассказы сообщают о субъективной стороне события. Физиологическая запись описывает доступные измерению процессы. Предъявленная мишень предназначена для проверки конкретной информации. Связать все три компонента на уровне отдельного случая труднее, чем просто обнаружить каждый из них в общей выборке.

Поэтому длительность реанимации не следует читать как длительность доказанного непрерывного опыта. И частоту сообщений среди опрошенных выживших нельзя автоматически переносить на всех пациентов с остановкой сердца, тем более на всех умерших. Отбор по выживанию и возможности интервью является частью самого способа получения данных.

Для гипотезы интерфейса важен следующий вопрос: какое совпадение содержания и внешнего события стало бы неожиданным при обычных доступных каналах восприятия и памяти? Такой вопрос допускает проверку. Общее впечатление необычности или ясности опыта менее определённо, поскольку разные механизмы могут порождать субъективно убедительные состояния.

Активность умирающего мозга

Ган Сюй и коллеги в 2023 году исследовали записи четырёх пациентов в коме до и после прекращения вентиляционной поддержки. У двоих наблюдались усиление гамма-активности и изменения связности. Пациенты не выжили, поэтому сопоставить эти процессы с их последующими рассказами было невозможно. Работа показывает определённую динамику мозга при умирании, но не устанавливает содержание переживания и не доказывает его наличие у каждого из наблюдавшихся пациентов. [30]

Здесь возникает полезное предостережение против поспешного толкования биомаркеров. Если некоторая динамика встречается при сознательном состоянии, её появление в другом контексте ещё не гарантирует того же опыта. Значение показателя зависит от условий, в которых была установлена связь. Особенно осторожного переноса требуют ситуации резко изменённой физиологии.

Столь же ненадёжен и обратный вывод. Слабая или отсутствующая запись в выбранном диапазоне не равнозначна полному знанию о каждом процессе мозга. Любой метод видит определённый класс изменений. Из этого не следует, что сознание обязательно присутствует за пределами его чувствительности. Следует лишь требование правильно обозначать область наблюдения.

Для научной модели такой результат ценен без окончательной метафизической интерпретации. Он уточняет, какие процессы возможны в переходном состоянии организма. Любая теория продолжения опыта должна учитывать эту сложность, а не строиться на заранее упрощённом образе мгновенного полного выключения.

Чего не сообщает сходство рассказов

Пусть в некотором собрании рассказов повторяются свет, встреча, пространство перехода или ощущение наблюдения за телом со стороны. Это мысленный пример задачи классификации, а не описание нового исследования. Повторяемость может быть интересна, но прежде необходимо установить, как собирались сведения, задавались ли наводящие вопросы и какие рассказы не попали в подборку.

Одно и то же сходство допускает несколько объяснений. Оно может отражать общую биологию, общие культурные ожидания, сходные условия воспоминания или свойства предполагаемого внешнего процесса. Чтобы выбрать между ними, нужно выяснить, где их прогнозы расходятся. Наличие общего мотива само по себе ещё не различает эти варианты.

Особенно осторожно следует соединять рассказы о разных событиях в единую последовательность. Опыт при реанимации, сообщение о якобы дородовом воспоминании и описание сна могут содержать похожие образы. Но совпадение образа не устанавливает, что рассказчики наблюдали соседние этапы одного и того же внешнего пути. Для такого вывода необходима независимая связь между событиями.

Научно содержательной целью могла бы стать заранее определённая классификация, применяемая к независимым наборам сообщений, с учётом языка, культуры и обстоятельств сбора. Даже устойчивое сходство после таких проверок сначала потребует объяснения. Считать такое сходство готовым описанием посмертного существования означало бы пропустить проверку конкурирующих объяснений.

Сохранение информации и сохранение личности

Образ неуничтожимой информации легко становится обещанием бессмертия. В стандартном квантовом описании замкнутой системы унитарная эволюция действительно сохраняет различимость между полными состояниями системы в определённом математическом смысле. Однако человек — не произвольно выбранная совокупность всех физических следов его существования. Для личности существенна организация, благодаря которой история доступна, связана с настоящим и влияет на продолжение опыта. [14]

Представим письмо, которое постепенно распалось на множество химических следов. Сведения о его прошлом могут оставаться в корреляциях огромного числа частиц. Это не означает, что где-то продолжает читаться связный текст. Тем более из наличия следов не

следует существование читателя. Пример касается различия между физическим следом и действующей организацией, а не буквальной модели мозга.

Точно так же закон сохранения энергии не является законом сохранения памяти или личности. Энергетический баланс описывает величину, а не весь способ организации процесса. Для гипотезы продолжения личности потребуется показать, какие состояния сохраняют индивидуальные различия, как они защищаются и каким образом участвуют в последующем переживании.

Внешний след, введённый в пятнадцатой главе, даёт этому вопросу определённую форму. Если часть личной истории кодируется в дополнительном носителе, следует различить три возможности: след быстро исчезает; след сохраняется, но не используется; след входит в процесс, способный поддерживать дальнейшую индивидуальную историю. Только третья возможность непосредственно приближает модель к продолжению субъекта. Первые две имеют иное содержание, даже если их удастся физически подтвердить.

Различия между архитектурами хранения и доступа представлены на рисунке 27.

Как выглядело бы действующее продолжение

Для рабочей гипотезы можно рассмотреть носитель E, который во время жизни получает определённые изменения через связь с организмом B. Если после прекращения этой связи E остаётся лишь пассивной записью, модель описывает сохранение следа. Если E имеет собственную динамику, удерживает различия и связывает последовательные состояния, возникает более сильная гипотеза автономного продолжения. Это добавление к исходной модели интерфейса, а не её автоматическое следствие.

Автономность потребует физического объяснения. Откуда берутся условия поддержания структуры? Какие взаимодействия разрушают её, а какие компенсируют возмущения? Как выбирается именно та запись, которая была связана с данным организмом? Почему соседние истории не смешиваются? Пока у этих вопросов нет заданных механизмов, выражение «сознание осталось во внешнем поле» обозначает предположение, но не объясняет его.

Но вопросы уже позволяют сравнивать версии. Если продолжение зависит от устойчивого материального состояния, можно оценивать время его сохранения. Если оно зависит от постоянно действующего процесса, понадобится определить источник и режим этого процесса. Если предполагается отсутствие пространства и времени в привычном смысле, обычная динамическая модель неприменима без дополнительного правила связи с наблюдаемыми событиями.

Отдельное требование касается содержания. Система, которая продолжает общую активность, может не сохранять индивидуальную память. И наоборот, сохранённая память не гарантирует продолжающегося переживания. Авторская гипотеза поэтому различает устойчивость носителя, доступность личной истории и наличие субъективного процесса. Между этими условиями нужны законы связи, а не только одинаковое слово «сохранение».

Тождество после разрыва

Вообразим устройство, способное восстановить человека по полному описанию его состояния. В этом мысленном случае восстановленный человек может помнить прежнюю жизнь и считать её своей. Но если описание использовано дважды, возникают два продолжения, которые вскоре получают разные истории. Совпадение памяти в начальный момент не делает дальнейшие переживания одним потоком.

Схема расхождения историй на рисунке 26 помогает отделить сходство исходного состояния от дальнейшего продолжения.

Так обнаруживается различие между сходством свойств и численным тождеством — тем, что перед нами один и тот же субъект, а не два похожих. Две системы могут совпадать по доступным свойствам и всё же занимать разные места в причинной истории. Если теория утверждает перенос одного субъекта, ей придётся объяснить, чем перенос отличается от создания другого субъекта с теми же воспоминаниями. Одного рассказа восстановленной системы может оказаться недостаточно, поскольку такой рассказ предусмотрен обоими сценариями.

Есть и противоположная трудность. Потеря части воспоминаний не обязательно означает появление нового человека в каждом обычном смысле слова. Поэтому нельзя определить личность только набором доступных рассказов. Возможно, существенна более широкая непрерывность организации, тела и отношений. В гипотезе интерфейса к ней добавляется предполагаемая связь с E, но её собственный вклад ещё надо выделить.

Если две теории дают одинаковые наблюдаемые результаты и расходятся только в том, какой поток объявить прежним, опыт не сможет выбрать между ними, пока не появится дополнительное следствие. Это не запрет на размышление о тождестве. Это точное обозначение места, где физическое исследование пока заканчивается, а интерпретация продолжается.

Какой результат изменил бы вывод

Сильное свидетельство в пользу необычного информационного канала должно содержать сведения, недоступные через известные пути в заранее определённых условиях. Понадобятся независимая регистрация цели, защита от утечки, ясная временная привязка и воспроизведение

результата. Такой успех ещё не доказал бы продолжение личности после смерти. Он подтвердил бы более узкое утверждение о получении информации и потребовал бы нового объяснения механизма.

Сильное свидетельство в пользу внешнего хранения потребовало бы дополнительного шага: показать, что конкретная история сохраняется в независимо определённом носителе и может быть восстановлена через описанный канал. Свидетельство продолжения субъекта потребовало бы ещё и обоснованного правила, связывающего этот процесс с индивидуальным опытом. Эти требования не следует сжимать в один эффектный эксперимент, поскольку они относятся к разным частям гипотезы.

Исследование такого рода не нуждается в намеренном создании угрозы жизни. Медицинские наблюдения возможны в рамках уже необходимой помощи, а работа с памятью, каналами и физическими носителями начинается гораздо раньше вопроса о необратимом разрушении организма. Основная трудность здесь — установление причинной связи, а не приближение человека к опасной границе.

Вопрос о продолжении опыта остаётся открытым в том точном смысле, что рассмотренные данные не дают установленного ответа о личном существовании после необратимой смерти. Это не равнозначно одинаковой подтверждённости всех мыслимых сценариев. Каждая версия должна получить собственные основания и выдержать собственные проверки.

Для книги существенна возможность удержать обе стороны вопроса. Сознание может потребовать более глубокого физического описания, чем доступно сейчас. И человеческая личность может зависеть от конкретной организации тела гораздо сильнее, чем предполагает простая метафора приёмника. Определить отношение между этими возможностями можно лишь исследуя, что сохраняется, как продолжается и почему предполагаемое продолжение принадлежит именно данному субъекту.

Глава 20

Какой ответ мы готовы принять

Гипотеза становится частью исследования, когда перестаёт предопределять его исход. До этого можно свободно выбирать образ: мозг как вычислитель, тело как аватар, сознание как фундаментальное свойство. После появления конкретного механизма выбор ограничивают измерения. Оказывается, что некоторое время слишком коротко, связь слишком слаба или предполагаемый эффект уже объясняется известным процессом. Именно здесь начинается возможность узнать нечто, чего не было в первоначальном замысле.

Теперь образ интерфейса уже изменился. Он больше не предполагает автоматически готовую личность, которая пользуется телом как сменной оболочкой. В предлагаемой модели индивидуальность возникает через организацию взаимодействия, историю и различение собственных состояний. Более фундаментальное основание, если оно существует, не освобождает от необходимости объяснить, почему опыт бывает именно таким и принадлежит отдельному субъекту.

У предложенной модели несколько возможных исходов. Их полезно рассмотреть заранее, поскольку иначе любое наблюдение легко превратить в подтверждение любимой идеи.

Когда физический механизм не находится

Самый прямой отрицательный исход состоит в том, что выбранный носитель не обнаруживает нужных свойств. Время сохранения состояния оказывается слишком коротким для предложенной цепочки, связь с биологическими процессами не подтверждается или рассчитанный эффект отсутствует в диапазоне чувствительности прибора. Тогда конкретная версия модели теряет основание.

Этот исход не требует объявлять решёнными все вопросы сознания. Но и сохранение открытого вопроса не спасает отвергнутый механизм. Если предположение о спиновом носителе не выдержало проверки, его нельзя считать подтверждённым только потому, что происхождение квалиа по-прежнему неясно. Незнание об одном не является положительными данными о другом.

Научная ценность работы при этом может сохраниться. Измерение времени релаксации уточняет физику структуры. Проверка канала ограничивает диапазон его возможного влияния. Улучшенный метод помогает отличать свойства образца от особенностей прибора. Эти результаты имеют собственное содержание, даже если исходная интерпретация не выдерживает проверки.

Для авторской программы особенно существенно сохранять связь отрицательного результата с условиями. Неудача одной модели

взаимодействия не равнозначна опровержению всякого возможного внешнего основания. Но если каждый следующий вариант меняется так, чтобы избегать уже проведённого опыта, программа рискует потерять проверяемость. Новая версия должна предложить новое содержательное основание и заранее определённое различие прогнозов.

Когда квантовый эффект оказывается реальным

Возможен более благоприятный и одновременно более скромный исход: квантовый процесс обнаружен, воспроизводится и влияет на биологическую функцию. Это было бы важным физическим результатом. Однако отношение к сознанию пришлось бы устанавливать отдельно. Механизм может участвовать в переносе энергии, химической чувствительности или регуляции, не являясь особым источником субъективного опыта.

Здесь полезно различать несколько видов необходимости. Некоторое взаимодействие может быть необходимо для жизни клетки вообще. Его нарушение тогда изменит и сознание, и множество других функций. Другой механизм может влиять на конкретный канал обработки. Третий может оказаться специфически связанным с определённой организацией, которую теория считает необходимой для переживания. Эти утверждения требуют разной точности вмешательства и сравнения.

Физический успех поэтому может сблизить гипотезу с обычной нейронаукой. Если квантовая динамика действует внутри биологических структур и её функциональный результат включается в нейронную организацию, внешнего носителя может не понадобиться. Квантовый подход к работе мозга сохранит смысл, но исходное представление о мозге-приёмнике потребуется изменить.

Такой результат не следует считать разочарованием. Он ответил бы на более точный вопрос: какие особенности физического устройства нервной системы важны для её работы и почему подходящее описание иногда должно быть квантовым. Дальнейший спор о фундаментальном статусе переживания продолжался бы на более содержательной основе.

Когда появляется дополнительный носитель

Более сильный результат возник бы при обнаружении независимо измеряемой подсистемы E, взаимодействующей с организмом по предсказанному закону. Независимость здесь не означает отсутствие связи с мозгом. Она означает, что существование и свойства носителя устанавливаются не только из тех же поведенческих данных, которыми предполагается подтвердить его влияние.

Тогда можно было бы проверить согласованность нескольких наблюдений. Параметры, полученные при измерении самого носителя, должны предсказывать изменения в связанной биологической системе. Изменение расстройки должно влиять на отклик так, как следует из модели. Измеренное время сохранения состояния должно ограничивать

возможную длительность переноса. Связь между этими величинами сделала бы объяснение сильнее, чем набор отдельно подобранных зависимостей.

Но внешний физический носитель ещё не является внешним субъектом. Среда постоянно воздействует на организм множеством способов. Чтобы новый процесс изменил теорию сознания, необходимо показать его особую причинную роль и сформулировать правило отношения к переживанию. Иначе открытие расширит биофизику, но вопрос о связи физических процессов с переживанием останется открытым.

Субъект также не обязан целиком находиться в E. Гипотеза совместного формирования допускает, что переживание относится к организации связи B и E. Тогда вопрос «где сознание» может оказаться плохо поставленным: пространственное расположение элементов не обязано совпадать с уровнем, на котором определяется свойство целого. Однако и такое объяснение должно задавать границу целого, чтобы не приписывать один субъект всякой совокупности взаимодействующих объектов.



Рисунок 35. Возможные итоги исследовательской программы. Подтверждение физического эффекта, дополнительного носителя и отношения к переживанию требует разных оснований. Показанные результаты не исчерпывают всех вариантов и могут сочетаться.

Самое уязвимое звено

Наиболее трудной частью программы остаётся правило, связывающее физическую организацию и субъективный опыт. Можно подробно описать состояние, переходы и память, а затем обнаружить, что объяснение по-прежнему говорит только о доступных внешнему наблюдению отношениях. Назвать совокупность этих отношений сознанием ещё не означает объяснить качественную сторону переживания.

Авторская гипотеза предлагает искать эту связь в организации взаимодействия, которая формирует отдельную перспективу: через устойчивую границу, собственную историю и избирательный доступ к состояниям. Это исследовательское предположение. Его сила будет зависеть от того, удастся ли вывести из него ограничения, которых нет у более общих описаний. Например, какие изменения сохраняют субъект, какие разделяют его организацию и почему одинаковый объём информации может соответствовать разным возможностям переживания.

Здесь недостаточно объявить фундаментальное основание одинаково присутствующим повсюду. Такое утверждение может иметь философское содержание, но без правила индивидуализации оно не объясняет различие между человеком, животным, искусственной системой и простой физической связью. Теория должна уточнить, при каких условиях возникает отдельная перспектива и что в этих условиях проверяется независимо.

Возможно, зрелое объяснение потребует новых понятий. Однако новые понятия должны увеличивать точность, а не только заменять старые слова. Если «поле субъективности» не позволяет определить состояние, взаимодействие или различимое следствие, оно остаётся названием задачи. Если позволяет, появляется возможность сравнить его с конкурирующим описанием на одних и тех же данных.

Несколько согласованных свидетельств

Серьёзное изменение картины обычно потребует не одного впечатляющего наблюдения, а согласованности различных проверок. Физическая характеристика носителя, её изменение при вмешательстве, биологический эффект и отношение к независимым показателям сознательного состояния должны поддерживать одну причинную модель. При этом повторное использование одного набора данных не превращается в несколько независимых подтверждений.

Полезно представить модель, которая точно описала уже известные кривые, но каждый раз требует новой настройки на другом образце. У неё может быть хорошее качество подгонки и слабая способность предсказывать. Другая модель описывает данные немного грубее, зато заранее связывает результаты разных опытов одним набором

параметров. Выбор между ними нельзя свести к красоте одного рисунка или к впечатлению от сложности формулы.

Сравнение должно учитывать и сильные альтернативы. Классическая нелинейная система способна давать сложные колебания, память и зависимость от истории. Нейронная модель может включать обратные связи и внутренние представления. Поэтому необычность поведения недостаточна для заключения о квантовом механизме. Понадобится наблюдение, для которого явно указано, какие альтернативы оно ограничивает и при каких допущениях.

Такая работа допускает постепенное накопление оснований. Не обязательно ждать эксперимента, который сразу ответит на все вопросы. Можно сначала ограничить время связи, затем установить функциональную роль, после этого уточнить психофизическое соответствие. Каждая ступень должна сохранять своё значение, не присваивая себе успех следующей.

Что изменится в вопросе о человеке

Если предложенная программа получит подтверждение, человек предстанет как организованная связь процессов, часть которых раньше не входила в достаточное описание мозга. Это может изменить представление о границах субъекта, памяти и возможных физических реализациях опыта. Но конкретные последствия будут зависеть от обнаруженного механизма. Из одного факта более широкой связи нельзя заранее вывести бессмертие, телепатию или возможность переноса личности.

Если программа не подтвердится, останется важный результат другого рода: образ аватара будет переведён в набор проверенных и ограниченных утверждений. Станет яснее, какие свойства тела действительно существенны и почему некоторые привлекательные аналогии не выдерживают физической детализации. Наука продвигается и тогда, когда возможных объяснений становится меньше.

В обоих случаях вопрос о других существах получает более точную форму. Сходство с человеческим языком перестаёт быть единственной опорой. Внимание переносится на устройство взаимодействия, историю, саморегуляцию и те физические свойства, которые теория считает необходимыми. Различия организмов и искусственных систем тогда становятся материалом для сравнения, а не препятствием, которое следует устранить заранее.

Философские и теологические вопросы при этом не обязаны исчезнуть. Значение личного опыта, отношение к смерти и понимание собственного места в мире включают больше, чем описание механизма. Но утверждения о физическом устройстве мира получают отдельную ответственность: их следует связывать с наблюдениями настолько точно, насколько позволяет содержание утверждения.

Предложенная программа объединяет три самостоятельные гипотезы. Гипотеза избирательного интерфейса касается физической связи организма с дополнительным носителем. Гипотеза совместного формирования личности связывает отдельную перспективу с телом, организацией взаимодействия и историей. Гипотеза внешнего следа памяти допускает запись и последующее чтение части этой истории за пределами выбранной биологической подсистемы. Подтверждение одной из них не подтвердит остальные автоматически: механизм связи, условия индивидуальности и архитектура хранения требуют собственных оснований.

Минимальная модель дала более узкий, но определённый результат: связь может быть избирательной, а максимальная вероятность переноса зависит от расстройки и коэффициента взаимодействия. Эти величины ограничивают возможный эффект и связывают его амплитуду с временной динамикой. Расчёт не обнаружил носитель E в природе и не вывел возникновение квалиа; он показал, как часть исходного замысла перевести в утверждение, которое можно проверять. Именно на этой границе между рассчитанным и ещё не установленным начинается дальнейшая работа.

Возвращение к присутствию

В начале книги была комната, чашка и короткий вопрос о том, кто замечает происходящее. Теперь вокруг этого вопроса появились различия: переживание и отчёт, состояние и измерение, корреляция и канал, память и продолжающаяся личность. Они не делают непосредственный опыт менее реальным. Они позволяют точнее спрашивать о его природе.

Мозг может оказаться достаточным физическим основанием человеческого сознания. Может потребоваться описание более широкой системы. Может выясниться, что сама связь между физикой и переживанием нуждается в законе, которого пока нет. Эти возможности не равны по имеющимся основаниям, но каждая должна обсуждаться в той форме, в которой её можно содержательно исследовать.

Главное требование к гипотезе избирательного интерфейса — конкретность. Нужно назвать носитель, описать взаимодействие, связать историю с индивидуальностью и указать наблюдение, которое могло бы изменить вывод. Пока эти требования выполняются, смелое предположение способно работать в науке. Когда их заменяет уверенность, не зависящая от результата, исследование прекращается.

Комната остаётся той же. Свет на столе не нуждается в теории, чтобы быть увиденным. Теория нужна для другого: понять, какие отношения в мире делают возможным само это видение — и почему у происходящего появляется внутренняя сторона.

Математическое приложение

Проверка минимальной модели связи

В тринадцатой главе использовалась идеальная модель обмена одним возбуждением между двумя подсистемами. Здесь её расчёт развёрнут до формы, которую можно проверить независимо от интерпретации. Модель намеренно мала: она показывает физическую избирательность и не содержит правила возникновения сознания. Все приведённые ниже числа получены из её уравнений, а не из измерений на мозге.

Обозначения в математической модели

Буквы ниже относятся к моделям этой книги. Они не обозначают измеренные величины сознания; физический смысл каждого параметра зависит от выбранной системы.

Обозначение	Смысл и единицы
B, E, R	Выбранная биологическая подсистема, предполагаемый дополнительный носитель и обычная среда.
H, I, ρ	Гамильтониан, единичный оператор и матрица плотности. H имеет размерность энергии; I и ρ безразмерны.
A, F	Безразмерные операторы свойств взаимодействующих подсистем в общей модели главы 13.
$\hbar$	Постоянная Планка, делённая на 2π; имеет размерность действия, Дж·с.
g, Δ	Коэффициент связи и разность угловых частот переходов. Размерность обоих — $с^{-1}$. В приложении g выбран положительным.
Ω	Угловая частота обменной динамики в минимальной модели; размерность — $с^{-1}$.
t, T_1, T_2, T_φ	Время наблюдения, время энергетической релаксации, время затухания когерентности и время чистого дефазирования; измеряются в секундах.
g_eff, K	Эффективная частота нужного взаимодействия и безразмерное произведение $K = g_{eff} T_2$.
τ, δ	Безразмерные переменные приложения: $\tau = gt$ — время, $\delta = \Delta/g$ — относительная расстройка.
P_B	Вероятность обнаружить возбуждение на B. Принимает значения от нуля до единицы.

Два состояния вместо всего организма

В выбранном секторе существенны только два состояния. В первом элемент E возбуждён, а B находится на нижнем уровне; во втором возбуждение находится на B. Начальное состояние — первое. Переход к этому описанию предполагает, что другие уровни и процессы

несущественны в рассматриваемом интервале времени. Для реальной биологической системы такое допущение потребовало бы самостоятельной проверки.

Если из энергии вычесть общее слагаемое, не влияющее на вероятность перехода, матрица гамильтониана в указанном порядке состояний принимает вид

$$H_{one} = \hbar \begin{pmatrix} -\Delta/2 & g \\ g & \Delta/2 \end{pmatrix}.$$

Здесь g — положительный по принятому выбору фазы коэффициент связи с размерностью обратного времени. Расстройка Δ равна разности угловых частот переходов B и E и имеет ту же размерность. Вычитание общей энергии меняет общую фазу состояния, но не статистику рассматриваемого измерения.

Собственные значения этой матрицы равны плюс и минус половине ħΩ, где

$$\Omega = \sqrt{\Delta^2 + 4g^2}.$$

Величина Ω задаёт частоту обменной динамики. Из решения уравнения Шрёдингера при выбранном начальном условии получается вероятность обнаружить возбуждение на B:

$$P_B(t) = \frac{4g^2}{\Delta^2 + 4g^2} \sin^2\left(\frac{\Omega t}{2}\right).$$

Выражение совпадает с формулой основной главы. Перед синусом стоит множитель, ограничивающий максимальный перенос. При совпадении частот он равен единице. При расстройке уменьшается, поскольку частоты переходов различаются. При g = 0 обмен отсутствует; если одновременно Δ = 0, этот случай следует определить непосредственно по нулевому взаимодействию, а не подставлять неопределённое отношение в формулу.

Безразмерные переменные

Для сравнения разных коэффициентов связи удобно измерять время в единицах 1/g. Введём безразмерное время τ = gt и относительную расстройку δ = Δ/g. Это вспомогательная запись того же решения:

$$P_B(\tau) = \frac{4}{\delta^2 + 4} \sin^2\left(\frac{\tau}{2}\sqrt{\delta^2 + 4}\right).$$

Первый максимум наступает при безразмерном времени π, делённом на квадратный корень из суммы δ² и четырёх. Его высота равна четырём, делённым на ту же сумму. Таблица показывает расчёт для нескольких относительных расстроек.

Относительная расстройка δ	Максимальная вероятность	Время первого максимума τ
0	1,000	1,571
1	0,800	1,405
2	0,500	1,111
4	0,200	0,702

Более ранний первый максимум при большой расстройке не означает более эффективной передачи. Этот максимум ниже. Для функции, требующей определённой вероятности переноса, слишком сильная расстройка может полностью закрыть доступ к нужному режиму, несмотря на быстрые малые колебания.

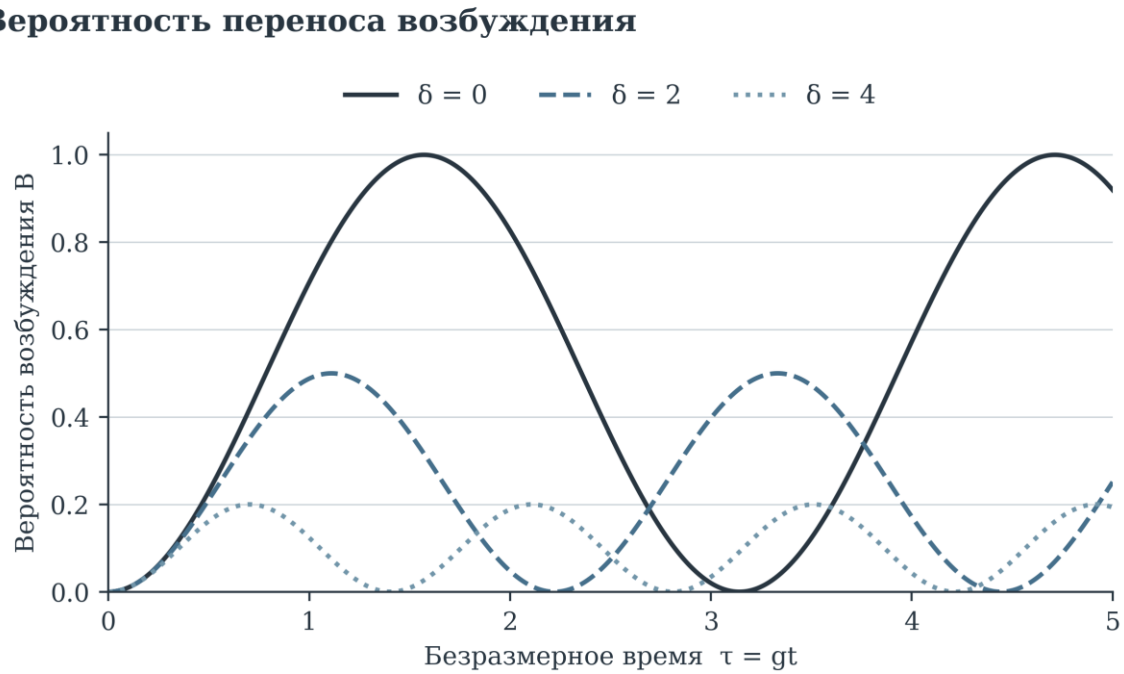


Рисунок 36. Расчёт для идеальной двухкомпонентной модели. По горизонтали — безразмерное время; по вертикали — вероятность возбуждения B. Кривые соответствуют относительным расстройкам 0, 2 и 4. Это расчёт уравнения, а не данные измерения сознания.

Что проверяет расчёт

Решение можно получить двумя независимыми способами: непосредственной подстановкой в аналитическое выражение и вычислением эволюции через собственные значения и собственные векторы матрицы гамильтониана. Совпадение этих способов проверяет вычисление внутри модели. Оно не проверяет соответствие модели биологическому механизму.

Сохранение суммы вероятностей показывает согласованность идеального описания замкнутой системы. Границы от нуля до единицы

проверяют допустимость вероятностей. Резонансный случай и отсутствие связи служат проверками предельных условий. Каждая из этих проверок отвечает на технический вопрос; ни одна не превращает условную подсистему E в обнаруженный природный объект.

Малая модель даёт содержательное предсказание только после того, как её параметры связаны с независимыми измерениями. Если g и Δ каждый раз свободно выбираются по наблюдаемой кривой, описание может остаться подгонкой. Если они установлены и затем предсказывают изменение при новых условиях, возникает возможность проверки физического механизма.

Почему здесь нет произвольного затухания

В живой среде на обмен возбуждением влияют релаксация, фазовый шум и другие переходы. Нельзя считать любой множитель затухания универсальной поправкой к идеальному решению. Разные механизмы открытой динамики по-разному меняют населённости уровней, равновесное состояние и фазовые соотношения.

Для такой задачи требуется задать взаимодействие со средой либо обоснованное эффективное уравнение. Один из вариантов — уравнение Линдблада, если применимы соответствующие допущения о динамике без памяти. Для него требуется указать операторы и скорости процессов. Конкретный выбор должен соответствовать физической модели; одного названия уравнения недостаточно. [18]

Оценка $K = g_{eff} T_2$ полезна как предварительное сопоставление характерных времён. Здесь g_{eff} — эффективная частота нужного взаимодействия, T_2 — время сохранения рассматриваемой когерентности. Малое K означает, что фазовые отношения исчезают быстро относительно соответствующего обмена. Большое K ещё не гарантирует заметного биологического эффекта: важны начальное состояние, расстройка, способ считывания и дальнейшая цепочка влияния.

Один явно заданный механизм потери фазы

Теперь можно сделать следующий расчётный шаг: выбрать конкретную открытую динамику вместо произвольной огибающей. Оставим сектор одного возбуждения, положим расстройку равной нулю и возьмём $g > 0$. Пусть X обменивает два базисных состояния, а Z приписывает им значения $+1$ и -1. К гамильтониану $H/\hbar = gX$ добавим чистое марковское дефазирование с оператором Линдблада $L = \sqrt{(\gamma/2)}\, Z$, $\gamma \geq 0$. При выключенной связи оно не меняет населённости, а недиагональный элемент матрицы плотности затухает со скоростью γ. Именно для этой секторной когерентности определим $T_2 = 1/\gamma$. Энергетическая релаксация здесь не включена. [18]

$$d\rho/dt = -i[gX, \rho] + (\gamma/2)(Z\rho Z - \rho).$$

Обозначим разность населённостей $z = p_E - p_B$. В начальный момент возбуждён E, поэтому $z(0) = 1$. Уравнения для матрицы плотности сводятся к обычному дифференциальному уравнению:

$$z'' + \gamma z' + 4g^2 z = 0, \quad z(0) = 1, \quad z'(0) = 0; \quad p_B = (1-z)/2.$$

При $\gamma < 4g$ решение колебательное. Для $\omega = \sqrt{(4g^2 - \gamma^2/4)}$ оно имеет вид:

$$z(t) = \exp(-\gamma t/2)\,[\cos(\omega t) + (\gamma/2\omega)\sin(\omega t)].$$

Первый максимум переноса достигается при $t = \pi/\omega$ и равен $[1 + \exp(-\gamma\pi/2\omega)]/2$. При $K = gT_2 = 10$ это около 0,9622, при $K = 1$ — около 0,7222. На границе $K = 1/4$ колебания исчезают; при меньшем K вероятность в этой модели монотонно приближается к 1/2, не превышая её. Даже при точном резонансе полная передача поэтому может оказаться недоступной. Порог 1/4 относится только к выбранному уравнению, а не к сознанию или ко всем способам взаимодействия со средой.

Этот пример показывает, почему нельзя просто умножить идеальную вероятность на $\exp(-t/T_2)$. При $\gamma > 0$ выбранная динамика в далёком пределе выравнивает населённости, а такое умножение отправило бы вероятность в ноль. В среде с энергетическими потерями предел может быть иным. Измерить нужно не только одно время, но и то, какой процесс его определяет.

Аналитическое решение проверено отдельным численным интегрированием системы Блоха. При $g = 1$, $0 \le gt \le 8$, $\gamma/g = 0; 0{,}1; 1; 4; 10$ и шагах 0,002 и 0,001 наибольшая абсолютная разность вероятностей составила менее 2×10^{-11}. Уменьшение шага согласуется с четвёртым порядком метода. Проверены допустимость матрицы плотности с численным допуском и идеальные кривые при четырёх расстройках. Исходный код этой проверки приведён в вычислительном комплекте.

У этого продолжения есть точная граница: такое же уравнение для z описывает классический затухающий осциллятор. Совпадение кривой с расчётом ещё не выделяет квантовый механизм. Зато независимо измеренные g и γ теперь дают совместный прогноз высоты и времени максимума. Следующий эксперимент может проверить именно эту связь, затем отдельно — квантовый ресурс и его биологическую роль. Такой порядок превращает общую идею интерфейса в последовательность всё более определённых задач.

Граница математического результата

Колебания переноса могут возникать и в классических связанных системах. Поэтому показанная кривая сама по себе не является свидетельством неклассичности. Для этого нужны дополнительные измерения и явно заданный класс сравниваемых моделей. Вопрос о переживании требует ещё одного перехода — от физической организации к психофизическому соответствию.

Назначение расчёта более определённо. Он показывает, как метафора избирательного интерфейса превращается в ограничения на возможный эффект. Если конкретный опыт нарушает полученный предел, модель придётся менять по физическим основаниям. Если опыт согласуется с пределом, останется проверить, не объясняется ли согласие другой системой. Так формула становится частью исследования и сохраняет ровно тот смысл, который в неё был вложен.

Словарь понятий

Анестезия. Медицински вызываемое состояние с определёнными изменениями чувствительности, реакции, памяти и других функций. Конкретные эффекты зависят от вещества и условий; отсутствие ответа не является самостоятельным определением отсутствия переживания.

Базис. Набор независимых опорных состояний, через которые записывается состояние системы. В главе 2 выбран ортонормированный базис двухуровневой системы. [14]

Гамильтониан. Математический оператор, задающий энергию и, в стандартном квантовом описании, временную эволюцию системы. Наличие гамильтониана в модели не устанавливает существование выбранного физического носителя.

Гипотеза внешнего следа памяти. Предположение о сохранении некоторых различий, связанных с историей организма, в дополнительном носителе. Сохранение следа, возможность его чтения и продолжение субъекта представляют разные утверждения.

Гипотеза избирательного интерфейса. Авторское рабочее предположение о том, что определённая организация организма может избирательно взаимодействовать с дополнительным физическим носителем и что эта связь может участвовать в условиях субъективного опыта.

Гипотеза совместного формирования личности. Авторское предположение, связывающее конкретную индивидуальность с организацией взаимодействия, телом и историей. Возможное фундаментальное основание опыта не отождествляется заранее с готовой человеческой личностью.

Глобальное нейронное рабочее пространство. Теоретический подход, связывающий сознательный доступ с распространением определённого содержания между множеством специализированных процессов. В книге обсуждается как содержательный конкурент, имеющий собственные проверяемые предсказания.

Декогеренция. Ослабление доступных интерференционных проявлений подсистемы при её взаимодействии с окружением. Её описание зависит от выбранных состояний, базиса и модели среды.

Измерение. Физический процесс, связывающий состояние системы с различимым результатом в приборе или другой системе. В стандартных расчётах сознательное прочтение результата человеком не служит обязательным физическим этапом.

Индивидуация. Формирование отдельной индивидуальной перспективы и её отличий от других. В книге этим словом обозначается задача объяснить, почему взаимодействующие процессы относятся к одному субъекту, а другие образуют отдельную историю.

Интероцепция. Получение и обработка сигналов о внутреннем состоянии организма. Её вклад в опыт следует отличать от полного объяснения субъективности.

Квалиа. Качественная сторона переживания: то, как ощущается цвет, вкус, боль или другой опыт. В книге слово не обозначает автоматически отдельную частицу, поле либо измеряемую величину.

Квантовая запутанность. Свойство составного состояния, которое не представляется смесью независимых состояний его частей. Запутанность сама по себе не образует управляемый канал передачи сообщений.

Квантовый канал. Математическое описание физически допустимого преобразования квантовых состояний при соответствующих условиях. Слово «канал» в таком смысле не подразумевает сознание отправителя или получателя.

Когерентность. Наличие определённых фазовых отношений между компонентами квантового состояния относительно выбранного описания. Её функциональная роль зависит от конкретного процесса, а не от одного факта присутствия.

Марковское приближение. Описание, в котором дальнейшее изменение задаётся текущим состоянием системы без отдельного учёта всей истории её окружения. Применимость такого приближения нужно обосновать для рассматриваемого процесса. [18]

Матрица плотности. Представление квантового состояния, позволяющее рассчитывать вероятности результатов измерений и описывать как чистые, так и смешанные состояния.

Метакогниция. Оценка и регуляция собственных познавательных процессов. В частности, способность различать более и менее надёжные собственные решения. Не тождественна уверенной речи о себе.

Населённость уровня. Вероятность обнаружить систему на данном энергетическом уровне; в выбранном базисе она задаётся соответствующим диагональным элементом матрицы плотности. [14]

Нейронный коррелят сознания. В строгом исследовательском определении — минимальная совокупность нейронных механизмов, совместно достаточная для определённого сознательного переживания. Физиологический признак, который лишь сопутствует состоянию, может быть его предпосылкой или последствием и ещё не удовлетворять этому определению. Установление коррелята и объяснение возникновения опыта — разные задачи. [32]

Носитель. Физическая система или выделенная совокупность степеней свободы, состояния которой участвуют в передаче, хранении либо преобразовании различий. Название требует указания конкретных свойств в каждой модели.

Объективная редукция. В соответствующих теориях — предполагаемое физическое изменение квантового состояния, не сводимое к стандартной унитарной эволюции. Его механизм и параметры подлежат отдельной проверке.

Открытая система. Система, для описания которой существенно взаимодействие с окружением. Выделение границы зависит от задачи и не определяет автоматически границу субъекта.

Переживание. Наличие субъективной стороны происходящего. Рабочее определение не требует развитой речи, автобиографии или способности объяснять собственное состояние.

Психофизический постулат. Явно сформулированное предположение о связи физической организации и субъективного опыта. Он не выводится автоматически из уравнения взаимодействия физических подсистем.

Радикальная пара. Пара связанных происхождением радикалов с неспаренными электронами, спиновая динамика которых может влиять на определённые химические пути. Конкретные эффекты зависят от молекулы и условий.

Расстройка. Различие частот взаимодействующих переходов или колебаний. В минимальной модели книги она ограничивает максимальную вероятность переноса возбуждения.

Редуцированное состояние. Описание одной подсистемы, получаемое из состояния целого с помощью частичного следа. Оно определяет статистику

локальных измерений, но не хранит всю информацию о совместных корреляциях. [14]

Релаксация. Переход системы к определённому режиму под действием взаимодействий со средой. Времена изменения населённостей и фазовых отношений могут различаться.

Рефлексия. Обращение системы к собственным мыслям, решениям и основаниям действия. В функциональном исследовании важно выяснять, влияет ли такая оценка на последующее поведение.

Самосознание. Формы представления себя как участника происходящего. Телесная принадлежность, узнавание себя и автобиографический рассказ могут требовать разных механизмов.

Свидетель запутанности. Наблюдаемая величина, значение которой при выполнении условий теста может исключить описание через разделимые состояния. Конкретный свидетель распознаёт лишь определённые запутанные состояния; если он не выявил запутанность, это само по себе не доказывает её отсутствия. [31]

Субъект. Носитель отдельной перспективы переживания в используемом здесь рабочем смысле. Функциональное самопредставление может служить предметом исследования, но само название ещё не доказывает наличие такой перспективы.

Суперпозиция. Линейное сочетание квантовых состояний, в котором относительные фазы могут влиять на результаты подходящих измерений. Не равнозначна обычному незнанию о заранее выбранном варианте.

Теория интегрированной информации. Подход, связывающий сознание с определённой внутренней причинной организацией системы. Её специальные величины нельзя без обоснования заменять общей сложностью или количеством записанных данных.

Установочный рефлекс. Способность животного вернуться в обычное положение тела после переворачивания. В обсуждаемом исследовании его потеря служит поведенческим показателем; этот показатель сам по себе не даёт прямого доступа к переживанию. [12]

Частичный след. Математическая операция получения состояния подсистемы из состояния составной системы. Полученное описание обычно не позволяет единственным образом восстановить полное состояние целого.

Численное тождество. Отношение, при котором речь идёт об одном и том же существе или объекте, а не о двух экземплярах с одинаковыми свойствами. В вопросе о личности его следует отличать от сходства воспоминаний, характера и поведения.

Эрмитов оператор. Оператор, совпадающий со своим сопряжённым. Его собственные значения вещественны; в рассматриваемых квантовых моделях это позволяет связывать их с результатами измерения физической величины. [14]

Orch OR. Теоретическая программа Хамероффа и Пенроуза, связывающая предполагаемые организованные квантовые процессы в микротрубочках с объективной редукцией состояния. Рассматривается в книге как гипотеза с отдельными физическими и психофизическими обязательствами.

T_1 и T_2. Обозначения характерных времён продольной релаксации и потери поперечной когерентности в соответствующих моделях. Их значения и отношение зависят от механизма; они не являются универсальными временами существования сознания.

Источники

Номера соответствуют ссылкам в тексте. Теоретические работы, обзоры и исследования описаны в главах с указанием их роли. Препринт отмечен отдельно. Библиография отражает использованные публикации, а не исчерпывающий обзор всех направлений исследования сознания.

[1] Cogitate Consortium et al. Adversarial testing of global neuronal workspace and integrated information theories of consciousness. Nature. 2025;642:133–142. DOI: 10.1038/s41586-025-08888-1. https://doi.org/10.1038/s41586-025-08888-1

[2] Sarasso S. et al. Consciousness and Complexity during Unresponsiveness Induced by Propofol, Xenon, and Ketamine. Current Biology. 2015;25:3099–3105. DOI: 10.1016/j.cub.2015.10.014. https://doi.org/10.1016/j.cub.2015.10.014

[3] Bastos A. M. et al. Neural effects of propofol-induced unconsciousness and its reversal using thalamic stimulation. eLife. 2021;10:e60824. DOI: 10.7554/eLife.60824. https://elifesciences.org/articles/60824

[4] Hameroff S., Penrose R. Consciousness in the universe: A review of the ‘Orch OR’ theory. Physics of Life Reviews. 2014;11:39–78. DOI: 10.1016/j.plrev.2013.08.002. https://doi.org/10.1016/j.plrev.2013.08.002

[5] Tegmark M. Importance of quantum decoherence in brain processes. Physical Review E. 2000;61:4194–4206. DOI: 10.1103/PhysRevE.61.4194. Авторская версия на arXiv: https://arxiv.org/abs/quant-ph/9907009

[6] Hagan S., Hameroff S. R., Tuszyński J. A. Quantum computation in brain microtubules: Decoherence and biological feasibility. Physical Review E. 2002;65:061901. DOI: 10.1103/PhysRevE.65.061901. Авторская версия на arXiv: https://arxiv.org/abs/quant-ph/0005025

[7] Fisher M. P. A. Quantum cognition: The possibility of processing with nuclear spins in the brain. Annals of Physics. 2015;362:593–602. DOI: 10.1016/j.aop.2015.08.020. Авторская версия на arXiv: https://arxiv.org/abs/1508.05929

[8] Player T. C., Hore P. J. Posner qubits: spin dynamics of entangled $Ca_9(PO_4)_6$ molecules and their role in neural processing. Journal of the Royal Society Interface. 2018;15:20180494. DOI: 10.1098/rsif.2018.0494. Авторская версия на arXiv: https://arxiv.org/abs/1807.06339

[9] Xu J. et al. Magnetic sensitivity of cryptochrome 4 from a migratory songbird. Nature. 2021;594:535–540. DOI: 10.1038/s41586-021-03618-9. https://doi.org/10.1038/s41586-021-03618-9

[10] Kalra A. P. et al. Electronic Energy Migration in Microtubules. ACS Central Science. 2023;9:352–361. DOI: 10.1021/acscentsci.2c01114. Авторская версия на arXiv: https://arxiv.org/abs/2208.10628

[11] Babcock N. S. et al. Ultraviolet Superradiance from Mega-Networks of Tryptophan in Biological Architectures. The Journal of Physical Chemistry B. 2024;128:4035–4046. DOI: 10.1021/acs.jpcb.3c07936. Авторская версия на arXiv: https://arxiv.org/abs/2302.01469

[12] Khan S. et al. Microtubule-Stabilizer Epothilone B Delays Anesthetic-Induced Unconsciousness in Rats. eNeuro. 2024;11:ENEURO.0291-24.2024. DOI: 10.1523/ENEURO.0291-24.2024. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11363512/

[13] Gassab L., Craddock T. J. A. Engineering quantum optical responses of microtubules through tryptophan-network simulations and ultraviolet spectroscopy. Препринт arXiv:2604.18604, версия 1, 2026. https://arxiv.org/abs/2604.18604

[14] Watrous J. The Theory of Quantum Information. Cambridge University Press. 2018. Глава 1 — операторы и математические обозначения; глава 2 — состояния, каналы и составные системы; глава 6 — запутанность. https://cs.uwaterloo.ca/~watrous/TQI/

[15] Parvizi J. et al. Electrical Stimulation of Human Fusiform Face-Selective Regions Distorts Face Perception. The Journal of Neuroscience. 2012;32:14915–14920. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.2609-12.2012. https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2609-12.2012

[16] Botvinick M., Cohen J. Rubber hands ‘feel’ touch that eyes see. Nature. 1998;391(6669):756. DOI: 10.1038/35784. https://doi.org/10.1038/35784

[17] Critchley H. D., Wiens S., Rotshtein P., Öhman A., Dolan R. J. Neural systems supporting interoceptive awareness. Nature Neuroscience. 2004;7(2):189–195. DOI: 10.1038/nn1176. https://doi.org/10.1038/nn1176

[18] Lindblad G. On the generators of quantum dynamical semigroups. Communications in Mathematical Physics. 1976;48:119–130. DOI: 10.1007/BF01608499. https://doi.org/10.1007/BF01608499

[19] Schulten K., Swenberg C. E., Weller A. A Biomagnetic Sensory Mechanism Based on Magnetic Field Modulated Coherent Electron Spin Motion. Zeitschrift für Physikalische Chemie. 1978;111(1):1–5. DOI: 10.1524/zpch.1978.111.1.001. https://doi.org/10.1524/zpch.1978.111.1.001

[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] Albantakis L. et al. Integrated information theory (IIT) 4.0: Formulating the properties of phenomenal existence in physical terms. PLOS Computational Biology. 2023;19(10):e1011465. DOI: 10.1371/journal.pcbi.1011465. https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1011465

[22] Mashour G. A., Roelfsema P., Changeux J.-P., Dehaene S. Conscious Processing and the Global Neuronal Workspace Hypothesis. Neuron. 2020;105(5):776–798. DOI: 10.1016/j.neuron.2020.01.026. https://doi.org/10.1016/j.neuron.2020.01.026

[23] Donadi S., Piscicchia K., Curceanu C., Diósi L., Laubenstein M., Bassi A. Underground test of gravity-related wave function collapse. Nature Physics. 2021;17:74–78. DOI: 10.1038/s41567-020-1008-4. https://doi.org/10.1038/s41567-020-1008-4

[24] Wootters W. K., Zurek W. H. A single quantum cannot be cloned. Nature. 1982;299:802–803. DOI: 10.1038/299802a0. https://www.nature.com/articles/299802a0

[25] Liu X. et al. Optogenetic stimulation of a hippocampal engram activates fear memory recall. Nature. 2012;484:381–385. DOI: 10.1038/nature11028. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22441246/

[26] Craig A. D. How do you feel? Interoception: the sense of the physiological condition of the body. Nature Reviews Neuroscience. 2002;3:655–666. DOI: 10.1038/nrn894. https://www.nature.com/articles/nrn894

[27] Butlin P. et al. Identifying indicators of consciousness in AI systems. Trends in Cognitive Sciences. 2026;30(6):488–501. Онлайн-публикация: 10 ноября 2025. DOI: 10.1016/j.tics.2025.10.011. https://doi.org/10.1016/j.tics.2025.10.011

[28] Fleming S. M., Lau H. C. How to measure metacognition. Frontiers in Human Neuroscience. 2014;8:443. DOI: 10.3389/fnhum.2014.00443. https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00443

[29] Parnia S. et al. AWAreness during REsuscitation – II: A multi-center study of consciousness and awareness in cardiac arrest. Resuscitation. 2023;191:109903. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2023.109903. https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2023.109903

[30] Xu G. et al. Surge of neurophysiological coupling and connectivity of gamma oscillations in the dying human brain. Proceedings of the National Academy of Sciences. 2023;120(19):e2216268120. DOI: 10.1073/pnas.2216268120. https://doi.org/10.1073/pnas.2216268120

[31] Gühne O., Tóth G. Entanglement detection. Physics Reports. 2009;474(1–6):1–75. DOI: 10.1016/j.physrep.2009.02.004. Авторская версия на arXiv: https://arxiv.org/abs/0811.2803

[32] Koch C., Massimini M., Boly M., Tononi G. Neural correlates of consciousness: progress and problems. Nature Reviews Neuroscience. 2016;17(5):307–321. DOI: 10.1038/nrn.2016.22. Использованный материал: аннотация и терминологический словарь издателя. https://doi.org/10.1038/nrn.2016.22; https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27094080/

Автор и проекты

Электронная почта: info@brenev.com

Сайт автора: brenev.com

Сайт Миры: mira.technology

Другие проекты: haraizen.tech

Телеграм: https://t.me/Eudgenee