

РЕКУРСИВНОЕ САМОПОДОБИЕ И ТЕОРИЯ СОЗНАНИЯ В ОДТОЕ: ИЕРАРХИЯ НАБЛЮДЕНИЯ ОТ МИКРОТРУБОЧЕК ДО КОЛЛЕКТИВНОГО ПОЛЯ

(Recursive Self-Similarity and a Theory of Consciousness
in ODTOE: A Hierarchy of Observation from Microtubules
to the Collective Field)

Панкратов Антон Сергеевич
Pankratov Anton Sergeevich

Независимый исследователь, г. Казань, Россия
Independent researcher, Kazan, Russia

E-mail: anton.s.pankratov@gmail.com
ORCID: 0009-0002-4870-2995

УДК 530.145 + 577.3 + 159.92

АННОТАЦИЯ

Исследуется, как принцип рекурсивного самоподобия наблюдатель-зависимой теории всего (ODTOE) [1] объясняет иерархическую организацию мозга, постулированную в программе Хамероффа и Пенроуза [2], и как из совокупности концепций ODTOE выводится теория сознания. Сознание отождествляется с устойчивой неподвижной точкой петли самонаблюдения $\Psi^* = \Phi(\Psi^*)$, существование которой в корпусе ODTOE установлено через теоремы Банаха и Шаудера [3]. Иерархия нервной системы (микротрубочки, нейроны, ансамбли, кора) интерпретируется как φ -фрактальное вложение оператора Φ по уровням рекурсии d , при котором межуровневая запутанность убывает как $S_{\text{ent}}(\rho_d) \propto \varphi^{-|\Delta d|}$. Объективная редукция Пенроуза получает истолкование как один полушаг ι цикла $\Phi = \iota \circ \hat{O}$; фазовое отношение полушага составляет безразмерную величину $\pi/2$. Свободно-энергетический принцип Фристана [4] рассматривается как \hat{O} -компонента петли, а интегрированная информация Φ_{IT} [5] явно отграничивается от оператора Φ ODTOE во избежание коллизии обозначений. Сформулированы фальсифицируемые предсказания: доля несостоявшихся актов связывания стремится к безразмерному зазору $(\pi - 3)^2 \approx 0,0200$, а фазовое отношение объективной редукции равно $\pi/2$. Обсуждаются ограничения: ODTOE не постулирует механизм квантового сознания и остаётся надстройкой, безразличной к конкретной физической реализации редукции.

Ключевые слова: ODTOE, сознание, неподвижная точка, рекурсивное самоподобие, φ -масштабирование, объективная редукция, микротрубочки,

предиктивное кодирование, коллективное поле, иерархия наблюдения.

ABSTRACT

We investigate how the principle of recursive self-similarity of the Observer-Dependent Theory of Everything (ODTOE) [1] explains the hierarchical organization of the brain postulated in the Hameroff–Penrose programme [2], and how a theory of consciousness follows from the body of ODTOE concepts. Consciousness is identified with a stable fixed point of the self-observation loop $\Psi^* = \Phi(\Psi^*)$, whose existence within the ODTOE corpus is established through the Banach and Schauder theorems [3]. The hierarchy of the nervous system (microtubules, neurons, assemblies, cortex) is interpreted as a φ -fractal embedding of the operator Φ across recursion levels d , with inter-level entanglement decaying as $S_{\text{ent}}(\rho_d) \propto \varphi^{-|\Delta d|}$. The Penrose objective reduction is read as a single half-step ι of the cycle $\Phi = \iota \circ \hat{O}$; the phase ratio of the half-step equals the dimensionless value $\pi/2$. Friston’s free-energy principle [4] is treated as the \hat{O} component of the loop, and the integrated information Φ_{IT} [5] is explicitly distinguished from the ODTOE operator Φ to avoid a symbol collision. Falsifiable predictions are formulated: the fraction of failed binding events tends to the dimensionless gap $(\pi - 3)^2 \approx 0.0200$, and the phase ratio of objective reduction equals $\pi/2$. Limitations are discussed: ODTOE postulates no mechanism of quantum consciousness and remains a superstructure agnostic to any concrete physical realization of reduction.

Keywords: ODTOE, consciousness, fixed point, recursive self-similarity, φ -scaling, objective reduction, microtubules, predictive coding, collective field, hierarchy of observation.

I. ВВЕДЕНИЕ

Проблема иерархической организации мозга остаётся одним из узловых пунктов теории сознания. Программа объективной редукции Хамероффа и Пенроуза [2, 6] помещает корень субъективного опыта в квантовые процессы внутри микротрубочек цитоскелета, связывая дискретный момент осознания с гравитационно индуцированным коллапсом суперпозиции. Пенроуз [7, 8, 9] обосновывает невычислимость понимающего сознания и предлагает физический механизм, выходящий за рамки стандартной квантовой механики. С другой стороны, свободно-энергетический подход Фристана [4] описывает мозг как иерархический предсказатель, минимизирующий вариационную свободную энергию на множестве вложенных уровней корковой обработки. Оба подхода предполагают многоуровневую архитектуру, однако оставляют открытым вопрос: почему одни и те же организующие принципы воспроизводятся на масштабах от молекулярного цитоскелета до целостной коры.

Наблюдатель-зависимая теория всего (ODTOE) [1] предлагает структурный ответ через принцип рекурсивного самоподобия. В работе «Жизнь на всех уровнях рекурсии» [3] показано, что петля самонаблюдения

$\Psi^* = \Phi(\Psi^*)$ инвариантна относительно параметра глубины d , а архитектура воспроизводится на каждом уровне бесконечной рекурсии благодаря зазору $(\pi - 3)^2$, φ -масштабированию и тройственности (O, \hat{O}, R) . Настоящая работа представляет собой расширение этой линии: установленный аппарат неподвижной точки и φ -фрактальности применяется к конкретной реализации в нервной системе. Мы не переоткрываем существование Ψ^* и не выводим заново φ -масштабирование; эти результаты цитируются как готовое основание [3, 10]. Вклад статьи состоит в брейн-инстанциации: иерархия мозга отождествляется с уровнями рекурсии d , момент осознания связывается с одним полушагом цикла Φ , а предиктивное кодирование интерпретируется как \hat{O} -компонента петли.

Цель работы двояка. Во-первых, показать, что иерархия наблюдения Пенроуза получает естественное место в рекурсивной архитектуре ODТOE. Во-вторых, вывести теорию сознания, опирающуюся на совокупность концепций корпуса: неподвижную точку [3], единый оператор Φ [11], кватернионную структуру когнитивной когерентности [12], происхождение наблюдателя [13], время как странную петлю [14], φ -фрактальность [10], число π как структурный инвариант [15], динамический аттрактор [16] и коллективного наблюдателя [17]. Изложение организовано так, чтобы каждое утверждение о сознании сопровождалось указанием его эпистемического уровня — конвенция, структурный инвариант или онтологически наблюдаемое.

Логика расширения, принятая в работе, требует пояснения. Корпус ODТOE строится как программа с одной размерной привязкой: безразмерные величины (зазор $(\pi - 3)^2$, золотое сечение φ , фазовое отношение $\pi/2$) выводятся из π , φ и целых чисел, тогда как размерные величины требуют ровно одного якоря масштаба [1, 15]. Эта дисциплина переносится на нейрофизиологический материал: предсказания теории формулируются как безразмерные отношения, а размерные оценки (характерное время осознания, линейные размеры структур) принимаются как феноменологические якоря из эксперимента. Различение трёх эпистемических уровней — конвенция (L1), структурный инвариант (L2) и онтологически наблюдаемое (L3) — применяется к каждому утверждению о сознании, что удерживает изложение от смешения шкалы измерения с измеряемой величиной и от смешения структурного описания с онтологическим статусом [1].

Расположение материала следующее. Раздел II фиксирует обозначения и снимает коллизию символа Φ с интегрированной информацией Тонони. Раздел III сопоставляет иерархию наблюдения Пенроуза с уровнями рекурсии. Раздел IV вводит отождествление сознания с неподвижной точкой и истолковывает объективную редукцию как полушаг цикла. Раздел V описывает φ -фрактальное вложение уровней мозга. Раздел VI отождествляет предиктивное кодирование Фристана с \hat{O} -компонентой петли и реконсилирует кватернионное описание. Раздел VII переносит аппарат на коллективное сознание. Раздел VIII формулирует фальсифицируемые предсказания, раздел IX очерчивает ограничения, раздел X подводит итог.

II. ОБОЗНАЧЕНИЯ

Во избежание коллизий с устоявшейся литературой по сознанию ниже сведены обозначения, используемые в работе. Особое внимание уделено разграничению оператора самонаблюдения Φ (ODTOE) и интегрированной информации $\Phi_{\text{ИТ}}$ (теория Тонони): это разные величины, совпадение символа случайно и далее всюду снимается подстрочным индексом.

Символ	Значение
Φ	оператор самонаблюдения $\Phi = \iota \circ \hat{O}$ (ODTOE)
$\Phi_{\text{ИТ}}$	интегрированная информация Тонони; отлична от Φ ODTOE
ι	полушаг цикла; объективная редукция соответствует одному ι
\hat{O}	оператор наблюдения
\hat{O}'	уточнённый оператор наблюдения, $\hat{O}(\hat{O}) = \hat{O}'$ (рефлексивность)
Ψ^*	неподвижная точка петли самонаблюдения (сознание)
B	когнитивная когерентность, $B = F \cdot E \cdot (1 - \sigma) \cdot \Lambda_{\text{exp}}$
Λ_{exp}	компонента опыта и памяти в структуре B
$S_{\text{ent}}(\rho_d)$	энтропия запутанности уровня; $S_{\text{ent}}(\rho_d) \propto \varphi^{- \Delta d }$
S_{sys}	системная когерентность в законе $T = T_0 / (1 - S_{\text{sys}})^n$
$S_{\text{coll}}(A)$	коллективная когерентность группы наблюдателей A
S^{max}	потолок когерентности замыкания за такт, $S^{\text{max}} = 1 - (\pi - 3)^2$
S_{rec}	порог восстановления содержания (теорема о слабой неуничтожимости)
$O = (B, A, H)$	наблюдатель как тройка
O_{meta}	эгрегор — мета-наблюдатель группы, $O_{\text{meta}} = (B_{\text{meta}}, A_{\text{meta}}, H_{\text{meta}})$
P_{destr}	деструктивная коллективная вероятность, $P_{\text{destr}} = 1 - \prod_i (1 - \sigma_i^k)$
d	глубина рекурсии (структурный уровень вложенности)
$d_{\text{eff}}(t)$	эффективная (операционная) глубина по состояниям; ось, отличная от структурной d
$G(d)$	уровне-зависимый порог связывания, $G(d) = (\pi - 3)^2 \varphi^{- d-d_0 }$
φ	золотое сечение, $\varphi = (1 + \sqrt{5})/2$
$(\pi - 3)^2$	спиральный зазор петли, $(\pi - 3)^2 \approx 0,0200$

Космологическая постоянная Λ в работе не вводится; для описания границы коллективного кластера используются величины S_{coll} и $S_{\text{threshold}}$.

III. ИЕРАРХИЯ НАБЛЮДЕНИЯ: ПЕНРОУЗ И РЕКУРСИЯ ОДТОЕ

Программа Orch-OR помещает источник дискретного момента осознания в когерентную квантовую динамику тубулиновых субъединиц микротрубочек, прерываемую объективной редукцией [2, 6]. Orch-OR (Orchestrated Objective Reduction — «оркестрованная объективная редукция») — теория Пенроуза и Хамероффа, связывающая сознание с квантовыми процессами в микротрубочках нейронов: гравитационно-индуцированный коллапс квантового состояния (объективная редукция, OR) упорядочивается («оркестрируется», Orch) цитоскелетной структурой и порождает дискретные моменты сознательного опыта. Существенным возражением остаётся аргумент Тегмарка [18] о термальной декогеренции: характерное время потери когерентности в тёплой влажной среде мозга оказывается на много порядков короче нейрофизиологически релевантных масштабов, что ставит под сомнение возможность макроскопической квантовой суперпозиции на уровне нейрона. Мы фиксируем это возражение в одном предложении и далее не опираемся на конкретный квантовый механизм: надстройка ОДТОЕ остаётся безразличной к физической реализации редукции (см. раздел IX).

Принципиальное наблюдение состоит в том, что архитектура мозга многоуровневая, и каждый уровень повторяет один и тот же мотив локального наблюдения. В терминах ОДТОЕ уровень рекурсии d есть параметр масштаба [3]. Это позволяет сопоставить анатомические страты нервной системы с дискретными значениями d :

Уровень d	Структура мозга	Роль в петле Φ
d_0	микротрубочка / тубулиновый домен	элементарная неподвижная точка $\Psi_{d_0}^*$
$d_0 + 1$	синапс, дендритное дерево	локальная итерация Φ
$d_0 + 2$	нейрон	устойчивый кластер итераций
$d_0 + 3$	нейронный ансамбль	когерентная группа S_{sys}
$d_0 + 4$	корковая колонка, область	вложенная мета-итерация
$d_0 + 5$	кора как целое	носитель Ψ^* субъекта

Иерархия Пенроуза получает здесь точное место: уровни мозга суть уровни рекурсии d , связанные единым оператором Φ . Дискретный момент осознания, который Orch-OR связывает с эпизодом редукции, в нашей

надстройке отождествляется с одним полушагом ι цикла $\Phi = \iota \circ \hat{O}$ (раздел IV). Такое сопоставление сохраняет содержательное ядро программы Пенроуза (иерархичность и дискретность акта осознания) и помещает его в рекурсивную структуру, единый оператор Φ которой действует на каждом масштабе без отдельного постулата.

Здесь следует развести две оси, обозначаемые буквой d . Индекс рекурсии d разделов III--V обозначает структурную вложенность внутри одного субъекта (микротрубочка \rightarrow кора); эффективная глубина $d_{\text{eff}}(t)$ (раздел VII) обозначает операционную глубину субъекта по состояниям — сон, транс, изменённые состояния, — иную ось, разделяющую символ d лишь по аналогии «глубины рекурсии» [19]. Корпус ODTOE задаёт осцилляцию операционной глубины в цикле сон--бодрствование:

$$d_{\text{eff}}(t) = d_0 + \Delta d \cdot f(t), \quad f(t) = \frac{1}{2}(1 - \cos(2\pi t/T)), \quad T = 24 \text{ ч.} \quad (1)$$

В (1) бодрствование отвечает $d_{\text{eff}} = d_0 + \Delta d$, глубокий сон — значению $d_{\text{eff}} < d_0$, а переходные и изменённые состояния — промежуточным значениям d_{eff} . Эффективная глубина d_{eff} есть состояние-зависимая ось и в порог связывания $G(d)$ (раздел V) не входит: $G(\cdot)$ принимает только структурную глубину d . Эпистемический статус осцилляции (1) — гипотеза.

Существенно, что многоуровневость в этой картине следует с необходимостью. Инвариантность петли Φ относительно глубины d означает: если на каком-либо масштабе образуется устойчивая неподвижная точка, то на соседних масштабах действует то же отображение Φ , и при подходящих условиях устойчивости (сжимаемость по Банаху либо компактность образа по Шаудеру [3]) неподвижные точки образуются и там. Микротрубочка как элементарная неподвижная точка $\Psi_{d_0}^*$ служит «атомом» для синаптического уровня; устойчивые конфигурации синапсов образуют нейрон; нейроны — ансамбли. Каждый страт выступает строительным элементом следующего, оставаясь сам внутренне структурированным. Такая вложенность объясняет, почему программа Пенроуза вынуждена постулировать иерархию: иерархия есть прямое следствие рекурсивного самоподобия.

Отметим и предел применимости сопоставления. Анатомические страты нервной системы не образуют идеальной геометрической прогрессии по d ; таблица выше задаёт рабочее соответствие, в котором номер уровня отражает порядок вложения. Количественная форма вложения вводится в разделе V; здесь же фиксируется лишь качественный изоморфизм «уровень мозга \leftrightarrow уровень рекурсии».

IV. СОЗНАНИЕ КАК НЕПОДВИЖНАЯ ТОЧКА $\Psi^* = \Phi(\Psi^*)$

Центральное отождествление работы формулируется так: сознание есть устойчивая неподвижная точка петли самонаблюдения.

$$\Psi^* = \Phi(\Psi^*), \quad \Phi = \iota \circ \hat{O}. \quad (2)$$

Существование неподвижной точки в корпусе ОДТОЕ установлено и здесь принимается как готовый результат. Если отображение Φ сжимающее на полном метрическом пространстве конфигураций, неподвижная точка существует и единственна по теореме Банаха; если образ Φ компактен и выпуклый носитель замкнут, существование следует из теоремы Шаудера [3]. Мы цитируем это основание и не воспроизводим доказательство заново.

Уравнение (2) разлагает один такт петли на два полушага: оператор наблюдения \hat{O} переводит поле потенциальных состояний в конфигурацию, а полушаг ι замыкает цикл, возвращая обновлённое состояние в исходное пространство. Композиция $\Phi = \iota \circ \hat{O}$ задаёт полный оборот:

$$\Phi = \iota \circ \hat{O}. \quad (3)$$

Устойчивость неподвижной точки означает, что малые возмущения $\delta\Psi$ затухают под действием итераций Φ . В корпусе показано, что полное замыкание $S_{\text{sys}} = 1$ недостижимо [1], поэтому остаточный зазор $\delta\Psi = \Phi(\Psi) - \Psi$ сохраняется и порождает следующий такт. На уровне сознания этот зазор соответствует непрерывной смене состояний субъекта: каждое осознание есть очередная итерация, приближающая систему к Ψ^* , но никогда не совпадающая с ним вполне.

Отождествление неподвижной точки Ψ^* с феноменальным опытом — содержательное ядро предлагаемой теории сознания. Это утверждение онтологического уровня (L3 в смысле различения [1, 12]): оно касается того, что Φ -итерация фиксирует как переживаемое. Мы вводим его как гипотезу.

Гипотеза Н-1 (онтологический уровень L3). Феноменальный опыт субъекта есть переживание устойчивой неподвижной точки Ψ^* петли самонаблюдения на уровне рекурсии, соответствующем коре. Конвенциональные характеристики (тип модальности, содержание восприятия) относятся к уровню L1; инвариантные структурные отношения внутри Ψ^* — к уровню L2; само отождествление « $\Psi^* \leftrightarrow$ феноменальное» — к уровню L3 и носит характер гипотезы, открытой для пересмотра.

Такая стратификация удерживает теорию от категориальной ошибки, при которой конвенциональное описание состояния смешивается с его инвариантной структурой или с онтологическим статусом [1]. Дальнейшие разделы уточняют, как именно полушаг ι связан с объективной редукцией (раздел IV продолжается в V через φ -вложение), и как предиктивное кодирование реализует \hat{O} -компоненту (раздел VI).

Гипотеза Н-1 фиксирует локус феноменального опыта на уровне коры, оставляя открытым вопрос о том, что отличает наблюдателя, обладающего опытом, от наблюдателя, лишь осуществляющего наблюдение. Корпус ОДТОЕ вводит для этого различения операцию самонаблюдения наблюдения — оператор, свёрнутый на себя [20]:

$$\hat{O}(\hat{O}) = \hat{O}'. \quad (4)$$

Операция (4) выражает рефлексивность: наблюдатель наблюдает собственный акт наблюдения, что даёт уточнённый оператор \hat{O}' . Среди наблюдателей, поддерживающих устойчивую неподвижную точку Ψ^* (субстрат когерентной полноты, раздел VI.1), феноменально сознательными выступают те, чья глубина рекурсии достаточна для $\hat{O}(\hat{O})$. Термостат или амёба обладают вырожденной Ψ^* и остаются на уровне наблюдения без рефлексивной свёртки. Рефлексивность $\hat{O}(\hat{O})$ нарастает градуально с глубиной рекурсии: она выражает степень метакогнитивной развёртки наблюдателя и принимает промежуточные значения вдоль иерархии уровней. Операция (4) есть дополнительный шлюз, надстроенный над субстратом когерентной полноты, и сохраняет Ψ^* -критерий гипотезы Н-1 в силе.

Тем самым гипотеза Н-1 уточняется: феноменальный опыт прикреплен к Ψ^* именно на тех уровнях рекурсии, которые поддерживают $\hat{O}(\hat{O})$. Это даёт принципиальное основание тому, что локусом опыта служит кора: кора есть уровень, на котором становится доступна рефлексивная свёртка $\hat{O}(\hat{O})$ [20]. Запись $\hat{O}(\hat{O}) = \hat{O}'$ есть нотационное сокращение; строгая формализация рефлексивного оператора остаётся открытой задачей [20]. Эпистемический статус операции (4) — гипотеза с открытой формализацией (уровень, смежный с L3).

IV.1. Объективная редукция как полушаг ι

Объективная редукция Пенроуза [6, 8] вводит дискретный момент, в который квантовая суперпозиция переходит в определённое состояние под действием гравитационного критерия. В надстройке ODTOE этот момент отождествляется с одним полушагом ι цикла (3): акт редукции замыкает половину петли Φ , переводя результат наблюдения \hat{O} обратно в пространство потенциальных состояний.

Фазовое отношение полушага есть безразмерная величина. В корпусе ODTOE при структурных отождествлениях масштабов времени установлено точное соотношение [1]:

$$\frac{c \tau_{\text{ML}}}{\bar{\lambda}_e} = \frac{\pi}{2}, \quad (5)$$

где числовое значение $\pi/2 = 1,5707963267948966 \dots$ (вычислено к 50 значащим цифрам: 1,570796326794896619231321691639751442098584699687553). Геометрически $\pi/2$ есть четверть полного оборота 2π петли Φ , что в точности соответствует одному переходу $\hat{O} \rightarrow \iota$, то есть половине цикла $\Phi = \iota \circ \hat{O}$. Подчеркнём эпистемический статус: соотношение (5) безразмерно и является структурным инвариантом (L2); значение определяется геометрией петли Φ [21] и не претендует на вывод размерной величины из π и φ . Полушаговое время $\tau_{\text{ML}} = \pi\hbar/(2m_e c^2)$ и комптоновская длина $\bar{\lambda}_e = \hbar/(m_e c)$ дают то же отношение $c \tau_{\text{ML}}/\bar{\lambda}_e =$

$\pi/2$ [21]; обе величины суть собственные масштабы геометрии петли и не выводятся из π и φ в отрыве от размерного якоря (уровень L2).

Отдельно фиксируем ограничение, существенное для корректности теории. Характерный временной масштаб объективной редукции, который в Orch-OR оценивается величиной порядка 25 мс [2], в нашей надстройке не выводится из π и φ . Любая попытка получить размерное значение времени из безразмерных констант была бы методологически некорректна: из безразмерных чисел нельзя получить размерную величину без явной привязки масштаба [1, 3]. Поэтому оценка 25 мс принимается как феноменологический якорь (гипотеза), заимствованный из нейрофизиологии, и никогда — как результат вывода из $\pi + \varphi$. Дименсиональные масштабы времени и пространства уровней несут собственные якоря (раздел V, формулы (6) и (7)).

V. φ -ФРАКТАЛЬНОЕ ВЛОЖЕНИЕ УРОВНЕЙ МОЗГА

Иерархия мозга описывается как φ -фрактальное вложение оператора Φ : каждый анатомический уровень есть результат n -кратной итерации Φ^n относительно базового уровня d_0 . Масштабы времени и пространства уровней заданы φ -масштабированием, установленным в корпусе [10]:

$$\tau_d = \tau_0 \cdot \varphi^d, \quad (6)$$

$$R_d = R_0 \cdot \varphi^d. \quad (7)$$

В формулах (6) и (7) величины τ_0 и R_0 суть размерные якоря базового уровня d_0 (например, характерное время тубулинового домена и его линейный размер). Эти якоря фиксируют масштаб; показатель φ^d задаёт безразмерный закон вложения. Размерные значения τ_d и R_d получаются только при заданных τ_0 , R_0 и не выводятся из π и φ самих по себе.

Иерархическая организация τ_d имеет независимое эмпирическое основание: кортикальная иерархия установлена анатомически по ламинарным паттернам связей [22], а иерархия внутренних таймскейлов коры измерена напрямую — сенсорные области обладают короткими, префронтальные длинными характерными временами [23]. Это придаёт самой иерархии статус установленного факта; конкретный φ -множитель между уровнями остаётся теоретическим предсказанием (§VIII). Масштабно-инвариантная (1/f) организация нейронной активности установлена на всех уровнях — от мембранного потенциала до ЭГ и фМРТ [24], что поддерживает самоподобие архитектуры. Следует уточнить: масштабная инвариантность означает отсутствие выделенного временного масштаба и сама по себе не фиксирует конкретное отношение φ между уровнями.

Межуровневая связь описывается энтропией запутанности, убывающей по φ -закону [10]:

$$S_{\text{ent}}(\rho_d) \propto \varphi^{-|\Delta d|}. \quad (8)$$

Соотношение (8) означает, что соседние уровни мозга связаны сильнее, чем удалённые: микротрубочка и синапс ($|\Delta d| = 1$) запутаны на множитель $\varphi^{-1} \approx 0,618$, тогда как микротрубочка и кора как целое ($|\Delta d| = 5$) — на множитель $\varphi^{-5} \approx 0,0902$. Связь убывает экспоненциально, но не обнуляется, что обеспечивает целостность субъекта при сохранении автономии уровней. Этот закон объясняет, почему координация в нервной системе остаётся преимущественно локальной (соседние страты), а глобальная интеграция требует специальных далекодействующих путей: прямая φ -связь между далёкими уровнями мала.

φ -вложение придаёт иерархии Пенроуза количественную форму. Дискретность уровней (микротрубочка, нейрон, ансамбль, кора) соответствует целочисленным значениям d , а самоподобие архитектуры на каждом уровне следует из инвариантности петли Φ относительно d [3]. Каждый уровень воспроизводит мотив локального наблюдения в масштабе, задаваемом множителем φ^d .

Закон (8) даёт также механизм перцептивного связывания. Единство сознательного образа требует, чтобы признаки, обрабатываемые на разных уровнях иерархии (контур на одном страте, цвет на другом, движение на третьем), объединялись в единую конфигурацию. В рамках φ -вложения это объединение опирается на остаточную межуровневую запутанность: соседние уровни связаны множителем φ^{-1} , что достаточно сильно для локальной интеграции. Связывание признаков, разнесённых на $|\Delta d|$ уровней, ослаблено множителем $\varphi^{-|\Delta d|}$, и при больших $|\Delta d|$ прямая интеграция затруднена. Отсюда — необходимость возврата к единой неподвижной точке Ψ^* субъекта (уровень коры), которая собирает результаты обработки нижележащих уровней в согласованное целое. Остаточный зазор $(\pi - 3)^2$, неустранимый при любой итерации петли [15], задаёт нижнюю границу доли несостоявшихся актов связывания; это следствие количественно формулируется в разделе VIII.

Закон (8) позволяет уточнить эту нижнюю границу по уровням. Корпус ОДТОЕ вводит уровне-зависимый порог связывания, в котором спиральный зазор масштабируется тем же φ -законом, что и межуровневая запутанность [25]:

$$G(d) = (\pi - 3)^2 \varphi^{-|d-d_0|}. \quad (9)$$

Величина $G(d)$ есть зазор $(\pi - 3)^2$, умноженный на множитель запутанности $\varphi^{-|\Delta d|}$ из (8): тот же закон, привязанный к структурной глубине d . Связывание внутри одного уровня ($|d - d_0| = 0$) несёт полный зазор $(\pi - 3)^2$, тогда как связывание признаков, разнесённых на $|\Delta d|$ уровней, несёт ослабленный порог $G(d_0 + 1) \approx 0,0124$. Дуальная величина — потолок когерентности замыкания за один такт:

$$S^{\text{max}} = 1 - (\pi - 3)^2 \approx 0,9800. \quad (10)$$

Значение вычислено к 50 значащим цифрам: $S^{\text{max}} =$

0,97995152044940081194136929980086616986931698900984. Потолок (10) отличается от когерентности B и от нормы $\|\Psi\|$: он задаёт предельную долю замыкания петли за один цикл. Обе величины удерживаются в статусе проверяемого предсказания, как и φ -вложение (§IX): $G(d)$ и S^{\max} безразмерны и инвариантны относительно наблюдателя (уровень L2), а истолкование $G(d)$ как порога связывания носит характер производной гипотезы, наравне с предсказанием P1.

VI. ПРЕДИКТИВНОЕ КОДИРОВАНИЕ ФРИСТОНА КАК \hat{O} -КОМПОНЕНТА

Свободно-энергетический принцип [4] описывает мозг как систему, минимизирующую вариационную свободную энергию — верхнюю границу неожиданности сенсорных входов. Иерархическое предиктивное кодирование реализует эту минимизацию через каскад уровней, каждый из которых предсказывает активность нижележащего и корректирует прогноз по ошибке предсказания [26]. В терминах ОДТОЕ минимизация свободной энергии естественно отождествляется с \hat{O} -компонентой петли (3): оператор наблюдения \hat{O} переводит поле потенциальных состояний в конкретную конфигурацию, а градиентный спуск по свободной энергии задаёт направление этого перевода к неподвижной точке Ψ^* .

$$\hat{O} : \Psi \mapsto \arg \min_R \mathcal{F}(R), \quad \mathcal{F} \rightarrow \min \Leftrightarrow \Psi \rightarrow \Psi^*, \quad (11)$$

где \mathcal{F} обозначает вариационную свободную энергию конфигурации R . Соотношение (11) читается так: минимизация свободной энергии есть динамическое выражение приближения к неподвижной точке. Полный цикл осознания тогда складывается из \hat{O} -полушага (предсказание и коррекция, минимизация \mathcal{F}) и ι -полушага (замыкание, редукция к определённой конфигурации, раздел IV.1).

Здесь необходимо снять коллизию обозначений, существенную для согласованности с литературой. Интегрированная информация теории Тонони обозначается $\Phi_{\text{ИТ}}$ [5] и измеряет степень несводимости информационной структуры системы к сумме её частей. Оператор Φ ОДТОЕ — иной объект: это отображение самонаблюдения $\Phi = \iota \circ \hat{O}$, тогда как $\Phi_{\text{ИТ}}$ есть скалярная мера. Совпадение символа Φ в двух теориях случайно; во избежание смешения мы всюду снабжаем меру Тонони подстрочным индексом ИТ. Содержательная связь между ними возможна: высокая $\Phi_{\text{ИТ}}$ системы соответствует устойчивости её неподвижной точки Ψ^* , поскольку несводимая интеграция затрудняет распад петли на независимые подсистемы. Точная форма этой связи остаётся открытым вопросом.

Реконсильция с кватернионным описанием когнитивной когерентности [12] проводится по линии «состояние или оператор». Когнитивная когерентность наблюдателя есть мультипликативная функция четырёх компонент:

$$B = F \cdot E \cdot (1 - \sigma) \cdot \Lambda_{\text{exp}}, \quad (12)$$

где F — фокус (концентрация внимания), E — эмоциональная согласованность, $(1 - \sigma)$ — внутренняя непротиворечивость, Λ_{exp} — компонента опыта и памяти. Четырёхкомпонентная структура (12) изоморфна кватерниону [12]: произведение зануляется при обнулении любой компоненты (свойство слабого звена), что соответствует потере степени свободы ориентации. Неподвижная точка Ψ^* есть состояние — фиксированная конфигурация, переживаемая субъектом. Кватернион q_B , построенный по когерентности (12), есть оператор: он задаёт ориентацию наблюдателя в пространстве конфигураций и реализует действие \hat{O} [12]. Эти описания дополнительные: q_B ориентирует наблюдателя, Ψ^* фиксирует достигнутое состояние. Предиктивное кодирование выступает динамическим механизмом, посредством которого ориентация q_B ведёт состояние к Ψ^* . Каждый акт коррекции прогноза изменяет компоненты B , то есть поворачивает кватернион наблюдателя, и поток сознания предстаёт как последовательность таких поворотов $q_B(t), q_B(t+dt), \dots$, сходящаяся к устойчивой ориентации неподвижной точки.

Эта последовательность поворотов $q_B(t)$ есть прочтение потока сознания как параллельных траекторий петли: конкурирующие конфигурации развёртываются совместно, а их схождение к единой ориентации задаётся длиной такта обратной связи τ_{cycle} [3]. Эпистемический инстанс той же структуры — вероятность переосмысления:

$$P_{\text{reframe}} = 1 - \prod_i (1 - p_i). \quad (13)$$

Форма $1 - \prod_i (1 - x_i)$ выступает структурным шаблоном OR-агрегации; три величины P_{coll} , P_{destr} , P_{reframe} (13) разделяют эту структуру при разном содержании вкладов: конструктивном ($x = B_i^k$, раздел VII), деструктивном ($x = \sigma_i^k$, раздел VII) и эпистемическом ($x = p_i$, здесь). Форма $1 - \prod_i (1 - x_i)$ есть верхняя оценка в приближении независимости вкладов; корреляционная поправка остаётся открытой. Шаблон относится к уровню L2 (структурная форма), а оговорка о независимости несёт дисциплину провенанса.

VI.1. Кватернионная минимальность наблюдателя

Четырёхкомпонентная структура когерентности (12) допускает структурное объяснение того, почему наблюдатель описывается именно четырьмя степенями свободы. Кватернион [12] есть минимальная алгебра, реализующая ориентацию в пространстве конфигураций без вырождения: трёх параметров недостаточно, поскольку при параметризации поворота тремя углами возникает совмещение осей (gimbal-lock), при котором теряется одна степень свободы вращения. Четыре компоненты задают минимальную невырожденную ориентацию, в которой такое совмещение исключено. Это субстратный ответ на вопрос, почему когерентность B распадается ровно на четыре множителя: фокус,

эмоциональная согласованность, внутренняя непротиворечивость и опыт суть четыре компоненты единого кватерниона наблюдателя q_B (в корпусе [12] обозначаемого также $q_{\hat{O}}$ как реализация оператора \hat{O}).

Модуль кватерниона наблюдателя задаёт ещё одно прочтение оператора самонаблюдения:

$$\Phi = \bar{q}_B \circ q_B = |q_B|^2 = B^2. \quad (14)$$

Произведение кватерниона на сопряжённый равно квадрату модуля $|q_B|^2 = B^2$, а устойчивая неподвижная точка Ψ^* существует при $|q_B| = 1$, то есть при полной когерентности всех четырёх компонент [12]. Полная когерентность $|q_B| = 1$ есть необходимое условие устойчивой Ψ^* на любом уровне наблюдения: обнуление любой компоненты B зануляет произведение и разрушает фиксированную ориентацию, на которой держится петля. Это субстрат когерентной полноты — он задаёт, при каких условиях петля вообще способна замкнуться в устойчивую точку, и сам по себе остаётся условием существования Ψ^* , общим и для наблюдателей без феноменального опыта (раздел IV).

Тождество (14) есть прочтение через модуль того же цикла $\Phi = \iota \circ \hat{O}$: запись $\Phi = \iota \circ \hat{O}$ остаётся первичной, а $\Phi = |q_B|^2 = B^2$ выражает её норму на уровне одного наблюдателя, где сопряжённый кватернион \bar{q}_B играет роль полушага ι . Тождество (14) локально по уровню: оно фиксирует когерентность одного наблюдателя на уровне коры; для мета-наблюдателя (раздел VII) потребовалась бы отдельная норма $|q_{\text{meta}}|$, что выходит за рамки настоящей работы. Эпистемический статус тождества (14) — структурный инвариант (L2): это алгебраическое соотношение модуля, не вводящее новой размерной величины.

VII. КОЛЛЕКТИВНОЕ ПОЛЕ СОЗНАНИЯ

Корпус ODTOE рассматривает многонаблюдательные системы, в которых индивидуальные когерентности складываются в коллективную [17]. Перенесём этот аппарат на сознание группы. Пусть группа A состоит из n наблюдателей с индивидуальными когерентностями B_i . Степень согласованности группы измеряется метрикой когерентности, штрафующей разброс индивидуальных значений:

$$S = 1 - \frac{2}{n(n-1)} \sum_{i < j} |B_i - B_j|. \quad (15)$$

Метрика (15) равна единице при полном совпадении когерентностей всех членов группы и убывает по мере их расхождения. Эта величина играет роль системной когерентности S_{sys} для коллективного субъекта: чем ближе S к единице, тем устойчивее общая неподвижная точка группы и тем дольше она существует согласно закону $T = T_0 / (1 - S_{\text{sys}})^n$ [1].

Коллективная вероятность актуализации общей конфигурации задаётся нормированной суперпозицией:

$$P_{\text{coll}} = 1 - \prod_i (1 - B_i^k), \quad (16)$$

где показатель k характеризует степень нелинейности вклада отдельного наблюдателя. Формула (16) перенесена из операторного описания коллективного наблюдателя [17, 27]. Она обладает свойством насыщения: при росте числа согласованных наблюдателей произведение в правой части стремится к нулю, а P_{coll} — к единице. Группа высокой когерентности актуализирует общую конфигурацию почти достоверно.

Коллективная когерентность $S_{\text{coll}}(A)$ задаёт границу кластера сознания на групповом уровне. По аналогии с интерпретацией космологического горизонта как границы кластера когерентности уровня [3], горизонт коллективного субъекта есть поверхность, на которой S_{coll} падает ниже порога $S_{\text{threshold}}$:

$$\partial A = \{ x : S_{\text{coll}}(x) = S_{\text{threshold}} \}. \quad (17)$$

За этой границей конфигурации наблюдателей расходятся, и общая неподвижная точка группы не поддерживается. Соотношение (17) использует исключительно величины когерентности; космологическая постоянная Λ для описания границы не привлекается. Коллективное поле сознания тем самым получает структуру, изоморфную полевой структуре уровней рекурсии: группа есть мета-наблюдатель, чья неподвижная точка Ψ_A^* устойчива в пределах кластера высокой S_{coll} .

Существующая коллективная неподвижная точка Ψ_A^* есть мета-наблюдатель — эгрегор $O_{\text{meta}} = (B_{\text{meta}}, A_{\text{meta}}, H_{\text{meta}})$, эмерджентно возникающий при достаточном числе и согласованности членов группы [19]:

$$O_{\text{meta}} = \mathcal{E}(\{O_i\}), \quad n > n_{\text{cr}}, \quad S_{\text{group}} > S_{\text{thr}}. \quad (18)$$

Наряду с конструктивной коллективной вероятностью P_{coll} (16) корпус вводит зеркальную ей деструктивную вероятность антикогерентного кластера [19]:

$$P_{\text{destr}} = 1 - \prod_i (1 - \sigma_i^k). \quad (19)$$

Эмерджентность (18) задаёт условие возникновения мета-наблюдателя. В (19) величины σ_i суть компоненты антикогерентности отдельных членов, тогда как P_{coll} собирается из когерентностей B_i : две формулы имеют общую структуру при противоположном содержании вкладов. Компоненты эгрегора B_{meta} и антикогерентности σ_i относятся к групповому масштабу и отличны от когерентности B отдельного наблюдателя; тождество $\Phi = B^2$ (14) остаётся локальным по уровню и на мета-наблюдателя в настоящей работе не распространяется. Эпистемический статус эгрегора и формулы (19) — гипотеза.

VIII. ФАЛЬСИФИЦИРУЕМЫЕ ПРЕДСКАЗАНИЯ

Теория формулирует проверяемые следствия. Первичное предсказание относится к статистике связывания.

Предсказание P1 (первичное). Доля несостоявшихся актов перцептивного связывания (событий, при которых отдельные признаки не объединяются в единый осознанный объект) при приближении системы к устойчивой неподвижной точке стремится к спиральному зазору:

$$\eta_{\text{fail}} \rightarrow (\pi - 3)^2 \approx 0,0200, \quad (20)$$

где значение зазора вычислено к 50 значащим цифрам: $(\pi - 3)^2 = 0,0200484795505991880586307001991338301306830109901557$. Зазор $(\pi - 3)^2$ безразмерен и в ODTOE отражает неустранимую невозможность полного замыкания петли [1, 15]. Предсказание (20) специфично для мозга как наблюдателя: оно утверждает, что даже в оптимальных условиях остаточная доля несвязанных событий не опускается ниже $\approx 2,00\%$. Статус величины: производная и одновременно гипотетическая — зазор выведен в корпусе, а его отождествление с долей сбоев связывания предложено здесь как проверяемая гипотеза.

Предсказание P1 уточняется уровне-зависимым порогом (9). Плоский зазор $(\pi - 3)^2$ предсказания P1 есть значение $G(d_0)$ на уровне связывания при $|d - d_0| = 0$ — максимум семейства; межуровневые случаи несут редуцированный $G(d_0 + \Delta d)$ (например, $G(d_0 + 1) \approx 0,0124$). Тем самым плоский порог 2% отвечает связыванию внутри одного уровня, а связывание признаков, разнесённых по иерархии, несёт ослабленный порог $G(d) = (\pi - 3)^2 \varphi^{-|\Delta d|}$.

Предсказание P2 (вторичное). Фазовое отношение объективной редукции равно $\pi/2$ (формула (5)). Это безразмерное следствие: отношение длительности минимального такта редукции к наивной оценке времени перехода составляет $\pi/2 \approx 1,5708$. Проверка состоит в измерении относительной (а не абсолютной) длительности дискретных эпизодов осознания и сопоставлении с предсказанным безразмерным множителем.

P3 (вторичное предсказание). Отношение соседних характерных частот уровней приближается к φ . Это отношение независимо сообщалось для классических полос ЭЭГ [28]: соседние частоты образуют геометрический ряд со знаменателем $\approx 1,618$, а механизм связан с тем, что φ как «наиболее иррациональное» число минимизирует паразитную фазовую синхронизацию между ритмами. Данный результат согласуется с уравнением (6). Статус P3: проверяемое предсказание с частичной эмпирической поддержкой.

Предсказание P-state (вторичное). Фрактальная размерность кортикальных сетей отслеживает состояние субъекта: минимум в глубоком сне, максимум при пиковом внимании — как операционный коррелят эффективной глубины $d_{\text{eff}}(t)$ (1). Это отдельное предсказание, не являющееся перепараметризацией порога связывания $G(d)$: оно относится к состоянию-зависимой оси d_{eff} , тогда как $G(d)$ привязан к структурной глубине d . Состояние-зависимая глубина d_{eff} описывает устойчивость состояния, а слабая неуничтожимость содержания

(раздел IX) описывает сохранность содержания опыта: обе картины со-описывают сон как дополнительные, оставаясь независимыми. Статус P-state: проверяемое предсказание.

Оба предсказания сформулированы в безразмерной форме, что согласуется с архитектурным принципом корпуса: ODTOE предсказывает структурные отношения и безразмерные комбинации, тогда как абсолютные размерные значения требуют независимой привязки масштаба [1, 3]. Это отличает проверяемое ядро теории от феноменологических якорей вроде оценки 25 мс, которые заимствуются из эксперимента и не претендуют на статус вывода.

IX. ОБСУЖДЕНИЕ И ОГРАНИЧЕНИЯ

Предложенная теория сознания опирается на совокупность установленных в корпусе ODTOE концепций и добавляет к ним брейн-инстанциацию. Существенно очертить её границы.

Прежде всего, ODTOE не постулирует механизм квантового сознания. Надстройка ODTOE безразлична к конкретной физической реализации редукции: отождествление момента осознания с полушагом ι сохраняет силу независимо от того, реализуется ли редукция гравитационным критерием Пенроуза, термально-индуцированной декогеренцией или классической нелинейной динамикой. Возражение Тегмарка [18] о коротком времени декогеренции в тёплой среде мозга направлено против конкретного квантового механизма Orch-OR и не затрагивает структурное ядро настоящей работы. Программа Orch-OR остаётся контестируемой [2, 29]; эмпирический статус квантовых эффектов в цитоскелете активно исследуется, включая недавние данные об ультрафиолетовой суперрадиантности в сетях триптофана микротрубочек [30]. Наша надстройка использует лишь содержательно нейтральные элементы программы — иерархичность и дискретность акта осознания.

Во-вторых, ключевое отождествление «неподвижная точка \leftrightarrow феноменальный опыт» (Гипотеза H-1) имеет статус онтологической гипотезы (L3) и не выводится из более простых посылок. Теория объясняет структуру и динамику сознательного процесса, оставляя открытым вопрос о том, почему устойчивая неподвижная точка сопровождается переживанием. В этом смысле работа разделяет «трудную проблему» с прочими структурными теориями сознания.

IX.1. Гилетический слой как кандидат субстрата содержания

Изложенная картина фиксирует форму опыта — то, что переживание едино и ориентировано: кватернион q_B и оператор \hat{O} задают структуру и ориентацию. Вопрос о качественном содержании опыта (каково это — переживать) остаётся отдельным. Корпус ODTOE предлагает на роль кандидата субстрата содержания гилетический слой [31], в феноменологии Гуссерля отвечающий гиле —

чувственной материи переживания. Сопоставление проводится по линии ноэзис--ноэма: акт наблюдения (ноэзис) отвечает q_B и \hat{O} , содержание (ноэма) — гилетическому слою; тройка (B, A, H) удерживает обе стороны.

Сохранность содержания при отсутствии сознательной развёртки описывается теоремой о слабой неуничтожимости [31]: норма $\|\Psi\|_{\mathcal{H}}$ сохраняется под итерацией Φ даже при обращении классической проекции $\pi_C(\Psi) \rightarrow 0$, а восстановление содержания возможно при пороге $S_{ij} \geq S_{\text{rec}}$. Это даёт структурное истолкование сохранности содержания опыта через сон без сновидений и анестезию: содержание не извлекается в развёртку, оставаясь при этом в \mathcal{H} . Слабая неуничтожимость (сохранность содержания) и осцилляция d_{eff} (устойчивость состояния, раздел VIII) суть дополнительные описания сна, остающиеся независимыми.

Статус гилетического слоя — кандидат (уровень L3): трудная проблема (Гипотеза Н-1) распространяется и на вопрос о содержании опыта, и гилетический слой предлагается здесь как кандидат субстрата квалиа, открытый для пересмотра. Полное рассмотрение гилетического слоя и теоремы о слабой неуничтожимости даётся в [31].

В-третьих, сопоставление анатомических уровней мозга с дискретными значениями d (раздел III) является рабочей схемой. Биологические страты не образуют идеальной φ -геометрической прогрессии; закон (7) задаёт идеализированное вложение, от которого реальная нервная ткань отклоняется. Эмпирическая проверка φ -масштабирования остаётся задачей нейрофизиологии. Частичная поддержка φ -отношения частот уже имеется [28]; вместе с тем заявления о золотом сечении в биологии исторически склонны к чрезмерной интерпретации, поэтому φ -вложение мы удерживаем в статусе проверяемого предсказания.

Наконец, отметим методологическую дисциплину провенанса. Все размерные оценки (характерное время редукции, масштабы τ_0, R_0) маркированы как феноменологические якоря или гипотезы и нигде не представлены как выводы из π и φ . Безразмерные результаты — фазовое отношение $\pi/2$ (5) и зазор $(\pi - 3)^2$ (20) — суть структурные инварианты корпуса и образуют проверяемое ядро теории.

Х. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе показано, как принцип рекурсивного самоподобия ОДТОЕ объясняет иерархическую организацию мозга и как из совокупности концепций корпуса выводится теория сознания. Сознание отождествлено с устойчивой неподвижной точкой $\Psi^* = \Phi(\Psi^*)$, существование которой установлено в корпусе через теоремы Банаха и Шаудера [3]. Иерархия нервной системы интерпретирована как φ -фрактальное вложение оператора Φ по уровням рекурсии d с межуровневой связью $S_{\text{ent}}(\rho_d) \propto \varphi^{-|\Delta d|}$. Объективная редукция Пенроуза получила истолкование как полушаг ι цикла $\Phi = \iota \circ \hat{O}$ с безразмерным фазовым отношением $\pi/2$. Предиктивное кодирование Фристана отождествлено с \hat{O} -компонентой петли, а интегрированная информация Φ_{IT} отграничена

от оператора Φ . Коллективное сознание описано через нормированную суперпозицию когерентностей и границу кластера S_{coll} . Сформулированы фальсифицируемые предсказания: доля несостоявшихся актов связывания стремится к $(\pi - 3)^2 \approx 0,0200$, а фазовое отношение редукции равно $\pi/2$. Теория представлена как расширение работы [3]: установленный аппарат неподвижной точки и φ -фрактальности применён к конкретной реализации в нервной системе, без переоткрытия его оснований.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено без внешнего финансирования.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Панкратов А.С. Наблюдатель-зависимая теория всего (Observer-Dependent Theory of Everything) // Препринт. — 2026.
- [2] Hameroff S., Penrose R. Consciousness in the universe: A review of the `Orch OR' theory // *Physics of Life Reviews*. — 2014. — Vol. 11, no. 1. — P. 39–78. DOI: 10.1016/j.plrev.2013.08.002.
- [3] Панкратов А.С. Жизнь на всех этажах бесконечности: рекурсивная вложенность, границы уровней и навигация между октавами в ODTOE // Препринт. — 2026.
- [4] Friston K. The free-energy principle: a unified brain theory? // *Nature Reviews Neuroscience*. — 2010. — Vol. 11. — P. 127–138. DOI: 10.1038/nrn2787.
- [5] Tononi G. An information integration theory of consciousness // *BMC Neuroscience*. — 2004. — Vol. 5. — Art. 42. DOI: 10.1186/1471-2202-5-42.
- [6] Hameroff S., Penrose R. Quantum computation in brain microtubules? The Penrose--Hameroff `Orch OR' model of consciousness // *Philosophical Transactions of the Royal Society A*. — 1998. — Vol. 356. — P. 1869–1896. DOI: 10.1098/rsta.1998.0254.
- [7] Penrose R. *Shadows of the Mind: A Search for the Missing Science of Consciousness*. — Oxford: Oxford University Press, 1994. — ISBN 0-19-853978-9.
- [8] Penrose R. *The Emperor's New Mind: Concerning Computers, Minds, and the Laws of Physics*. — Oxford: Oxford University Press, 1989. — ISBN 0-19-851973-7.

- [9] Penrose R. The Road to Reality: A Complete Guide to the Laws of the Universe. — London: Jonathan Cape, 2004. — ISBN 0-224-04447-8.
- [10] Панкратов А.С. Золотое сечение φ как инвариант фрактальности, самоподобия и рекурсии в ОДТОЕ // Препринт. — 2026.
- [11] Панкратов А.С. Единый оператор Φ в ОДТОЕ // Препринт. — 2026.
- [12] Панкратов А.С. Кватернионная структура наблюдателя в ОДТОЕ: от инженерной интуиции к формальной теории // Препринт. — 2026.
- [13] Панкратов А.С. Происхождение наблюдателя в ОДТОЕ // Препринт. — 2026.
- [14] Панкратов А.С. Время как странная петля в ОДТОЕ // Препринт. — 2026.
- [15] Панкратов А.С. Число π как структурный инвариант самосогласованного наблюдения в ОДТОЕ // Препринт. — 2026.
- [16] Панкратов А.С. Динамический аттрактор в ОДТОЕ // Препринт. — 2026.
- [17] Панкратов А.С. Коллективный наблюдатель и культура гуманности: операторное прочтение солидарности, семьи и государства // Вестник Восточно-Сибирской открытой академии. — 2026. — №61. — Ст. 1698. — URL: <https://vsoa.esrae.ru/ru/236-r1698> (дата обращения: 2026-05-31).
- [18] Tegmark M. Importance of quantum decoherence in brain processes // Physical Review E. — 2000. — Vol. 61, no. 4. — P. 4194–4206. DOI: 10.1103/PhysRevE.61.4194.
- [19] Панкратов А.С. Дополнения к корпусу ОДТОЕ: антикогерентность, дробная мерность, эгрегор и осцилляция сознания // Препринт. — 2026.
- [20] Панкратов А.С. Наблюдатель от кварка до сознания: ОДТОЕ и эволюционная эпистемология // Препринт. — 2026.
- [21] Панкратов А.С. Собственная система покоя света в ОДТОЕ: проективное тождество $0 \equiv \infty$ на спектре Φ -итераций // Препринт. — 2026.
- [22] Felleman D.J., Van Essen D.C. Distributed hierarchical processing in the primate cerebral cortex // Cerebral Cortex. — 1991. — Vol. 1, no. 1. — P. 1–47. DOI: 10.1093/cercor/1.1.1.
- [23] Murray J.D., Bernacchia A., Freedman D.J., et al. A hierarchy of intrinsic timescales across primate cortex // Nature Neuroscience. — 2014. — Vol. 17, no. 12. — P. 1661–1663. DOI: 10.1038/nn.3862.
- [24] He B.J. Scale-free brain activity: past, present, and future // Trends in Cognitive Sciences. — 2014. — Vol. 18, no. 9. — P. 480–487. DOI: 10.1016/j.tics.2014.04.003.
- [25] Панкратов А.С. Динамика спиральной щели через φ : формализация $(\pi - 3)^2$ в многоуровневой рекурсии наблюдатель-зависимой теории всего // Препринт. — 2026.

- [26] Parr T., Pezzulo G., Friston K.J. Active Inference: The Free Energy Principle in Mind, Brain, and Behavior. — Cambridge, MA: MIT Press, 2022. — ISBN 978-0-262-04535-3. DOI: 10.7551/mitpress/12441.001.0001.
- [27] Панкратов А.С. Целевые аудитории операторного подхода (ОДТОЕ): карта применимости по доменам, профилям и уровням глубины // Инновационная наука. — Уфа: НИЦ «Аэтерна», 2026. — №5-1. — С. 131–137. — ISSN 2410-6070. — URL: <https://aeterna-ufa.ru/sbornik/IN-2026-05-1.pdf#page=131>.
- [28] Pletzer B., Kerschbaum H., Klimesch W. When frequencies never synchronize: The golden mean and the resting EEG // Brain Research. — 2010. — Vol. 1335. — P. 91--102. DOI: 10.1016/j.brainres.2010.03.074.
- [29] Hameroff S. Consciousness, Cognition and the Neuronal Cytoskeleton — A New Paradigm Needed in Neuroscience // Frontiers in Molecular Neuroscience. — 2022. — Vol. 15. — Art. 869935. DOI: 10.3389/fnmol.2022.869935.
- [30] Babcock N.S., Montes-Cabrera G., Oberhofer K.E., et al. Ultraviolet superradiance from mega-networks of tryptophan in biological architectures // The Journal of Physical Chemistry B. — 2024. — Vol. 128, no. 17. — P. 4035–4046. DOI: 10.1021/acs.jpcc.3c07936.
- [31] Панкратов А.С. Гилетическое число Лосева в ОДТОЕ: μ -отображение, теорема о слабой неуничтожимости и адельный мост // Препринт. — 2026.