

МЕРНОСТЬ НАБЛЮДАТЕЛЯ И ОКТАВЫ РЕАЛЬНОСТИ: ОТ КВАРКА ДО МУЛЬТИВСЕЛЕННОЙ В НАБЛЮДАТЕЛЬ-ЗАВИСИМОЙ ТЕОРИИ ВСЕГО

(Observer Dimensionality and Octaves of Reality:
From Quark to Multiverse in the Observer-Dependent Theory of
Everything)

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 + 530.12 + 524.8 + 167.7

АННОТАЦИЯ

В рамках ОДТОЕ развита теория мерности наблюдателя $d(O)$ как фундаментального параметра, определяющего горизонт актуализации конфигураций из поля потенциальных состояний \mathcal{H} . Показано, что мерность пространства — не фиксированное свойство «мира в себе», а характеристика оператора наблюдения \hat{O} : наблюдатель видит столько измерений, сколько позволяет его d . Установлена иерархия уровней наблюдения от $d = -1$ (кварк) до $d = 9$ (самонаблюдение Вселенной), организованная в триады по архитектуре 3-6-9. Введено понятие октав наблюдения: после $d = 9$ цикл повторяется на мета-уровне ($d = 10-18$: мультивселенная), образуя бесконечную фрактальную иерархию. Предложены три независимых расшифровки 11 измерений М-теории через формализм ОДТОЕ: $11 = 9 + 2$ (самонаблюдение + два направления оператора), $11 = 3 + 4 + 4$ (пространство + компоненты B наблюдателя + компоненты B мета-наблюдателя), $11 = 5 + 6$ (аргументы π + полный цикл Φ). Показана связь мерности d со спиральным зазором $(\pi - 3)^2$ и золотым сечением φ через формулу энергии, доступной наблюдателю. Сформулирован тезис: рост когерентности $S =$ разворачивание свёрнутых измерений.

Ключевые слова: мерность, наблюдатель, ОДТОЕ, странная петля, М-теория, 11 измерений, октавы, 3-6-9, золотое сечение, спиральный зазор, свёрнутые измерения, мультивселенная.

ABSTRACT

A theory of observer dimensionality $d(O)$ is developed within ODTOE as a fundamental parameter that determines the actualization horizon of configurations from the field of potential states \mathcal{H} . It is shown that the dimensionality of space is not a fixed property of the “world in itself” but a characteristic of the observation operator \hat{O} : an observer perceives as many dimensions as its d permits. A hierarchy of observation levels is established from $d = -1$ (quark) to $d = 9$ (self-observation of the Universe), organized in triads following the 3-6-9 architecture. The concept of observation octaves is introduced: after $d = 9$ the cycle repeats at a meta-level ($d = 10-18$: multiverse), generating an infinite fractal hierarchy. Three independent decompositions of the 11 dimensions of M-theory are proposed within the ODTOE formalism: $11 = 9 + 2$ (self-observation + two operator directions), $11 = 3 + 4 + 4$ (space + B -components of the observer + B -components of the meta-observer), $11 = 5 + 6$ (arguments of π + full cycle Φ). The connection of dimensionality d with the spiral gap $(\pi - 3)^2$ and the golden ratio φ is established through the formula for observer-accessible energy. The thesis is formulated: growth of coherence $S =$ unfolding of compactified dimensions.

Keywords: dimensionality, observer, ODTOE, strange loop, M-theory, 11 dimensions, octaves, 3-6-9, golden ratio, spiral gap, compactified dimensions, multiverse.

I. ВВЕДЕНИЕ

I.1. Проблема мерности

Почему пространство трёхмерно? Вопрос, который физика принимает как данность, не отвечая на него. Три измерения «просто есть». Стандартная модель работает в $3 + 1$ (три пространственных + время). Теория струн требует 10. М-теория — 11 [1]. Почему именно эти числа? Стандартный ответ: «математика требует» (для 10 и 11) или «так устроен мир» (для 3). Ни то, ни другое — не объяснение.

Проблема мерности имеет долгую историю. Эренфест [17] в 1917 году показал, что устойчивые орбиты в задаче двух тел возможны только в трёхмерном пространстве: при $d > 3$ гравитационные орбиты неустойчивы, при $d < 3$ невозможны замкнутые траектории. Уитмор и Тегмарк [18] продемонстрировали, что $3 + 1$ — единственная размерность, допускающая как стабильные атомы, так и решение волнового уравнения с причинной структурой. Однако все эти результаты — антропные аргументы, объясняющие, почему наблюдатели *типа нас* могут существовать только при $d = 3$, но не объясняющие, почему $d = 3$ реализовано.

I.2. Подход ODTOE

Наблюдатель-зависимая теория всего (ODTOE) [2] предлагает радикальную переформулировку: мерность — не свойство пространства, а **характеристика**

наблюдателя. Параметр $d(O) \in \mathbb{N}$ задаёт иерархию уровней наблюдения (допущение D-Prot [2, раздел 4.2]). Наблюдатель с мерностью d не может актуализировать конфигурации мерности $\dim(C) > d$:

$$B(O, C) = 0 \quad \text{при} \quad \dim(C) > d(O) \quad (\text{I.1})$$

$$\Rightarrow P(E|B) = 0^k = 0 \quad (\text{I.2})$$

Следствие: наблюдатель *видит* столько измерений, сколько позволяет его d . Остальные измерения *существуют* (в \mathcal{H}), но не актуализируются данным наблюдателем. Данное положение представляет собой не антропный аргумент, а структурный принцип: мерность проецируется наблюдателем, а не предзадана.

I.3. Цель и структура

Настоящая работа: (а) строит полную иерархию уровней d от кварка до мультивселенной; (б) вводит понятие октав наблюдения; (в) расшифровывает 11 измерений М-теории через ODTOE; (г) связывает d с $(\pi - 3)^2$ и φ ; (д) формулирует принцип разворачивания измерений.

Раздел II устанавливает мерность как свойство наблюдателя и объясняет трёхмерность. Раздел III связывает d с $(\pi - 3)^2$ и φ . Раздел IV развёртывает подробную иерархию первой октавы ($d = 1-9$). Раздел V вводит октавную структуру. Раздел VI расшифровывает 11 измерений М-теории. Раздел VII описывает механизм разворачивания измерений. Раздел VIII рассматривает эволюцию как рост мерности. Раздел IX проводит демаркацию. Раздел X заключает статью.

II. МЕРНОСТЬ КАК СВОЙСТВО НАБЛЮДАТЕЛЯ

II.1. Аналогия

Муравей на листе бумаги. Для него мир двумерный — не потому что третьего измерения нет, а потому что его оператор наблюдения $\hat{O}_{\text{мур}}$ работает в 2D. Если бумагу согнуть в трубку, муравей не заметит: для него это та же плоскость с «необычными» свойствами (обойдя круг, возвращается в начало). Его $d = 2$, и третье измерение для него «свёрнуто» — существует, но не актуализируется.

Человек на Земле. Для него мир трёхмерный. Не потому что четвёртого и пятого измерений нет, а потому что $d(\text{человек}) \approx 3$. Если пространство «свёрнуто» в четвёртом измерении — мы не заметим, как муравей не замечает свёрнутого третьего. Эта аналогия точна: ограничение — не в мире, а в операторе.

II.2. Формальное определение

$$d(O) = \max\{n \in \mathbb{N} : \hat{O} \text{ способен проецировать } \mathcal{H} \text{ на подпространство } \dim = n\} \quad (\text{II.1})$$

Эквивалентно: $d(O)$ — число *независимых рекурсивных слоёв*, доступных наблюдателю. Каждый слой = один уровень рекурсии $\hat{O}(\hat{O}(\dots))$.

$d = 0$: наблюдение без рекурсии (атом «наблюдает» среду). Атом реагирует на внешние поля, но не имеет внутренней модели среды. Его «наблюдение» — чистая актуализация без обратной связи внутри.

$d = 1$: один слой рекурсии (клетка наблюдает среду и реагирует). Появляется обратная связь: клетка модифицирует своё поведение в зависимости от среды.

$d = 2$: два слоя (организм наблюдает среду, наблюдает свою реакцию). Нервная система создаёт петлю второго порядка: реакция на реакцию.

$d = 3$: три слоя (человек наблюдает среду, наблюдает свою реакцию, *осознаёт*, что наблюдает). $\hat{O}(\hat{O}(\hat{O}))$ = сознание. Тройная рекурсия — минимальная структура, порождающая рефлексю.

II.3. Почему пространство трёхмерно

Три — минимальное d , при котором возможно $\hat{O}(\hat{O})$ = самонаблюдение [3, раздел IV.2].

При $d = 1$: наблюдатель видит среду, но не может наблюдать *своё наблюдение*. Нет рефлексии. Одномерное пространство — линия, на которой нет места для петли.

При $d = 2$: может наблюдать среду и реагировать, но не может *осознать* свою реакцию. Рефлексы без рефлексии. Двумерное пространство допускает петлю, но не самонаблюдение петли.

При $d = 3$: наблюдает среду ($d = 1$), наблюдает свою реакцию ($d = 2$), наблюдает *как он наблюдает* ($d = 3$). Тройная рекурсия = сознание. Три измерения = минимальная «арена» для сознания. Хофштадтер [13] описывает сознание как «странную петлю» — и для странной петли необходимо как минимум три уровня.

$\pi > 3$ (но не $\gg 3$): кривизна наблюдения *чуть больше* тройки. Три измерения — «скелет». $(\pi - 3) \approx 0,14$ — «кривизна», добавляющая глубину, но не целое четвёртое пространственное измерение. Четвёртое измерение (время) — не пространственное, а *итерационное*: последовательность оборотов петли Φ^n [20].

Топологический аргумент: в трёхмерном пространстве возможно зацепление (linking number $\neq 0$) замкнутых кривых — петля может «обнять» другую петлю. В $d < 3$ зацепление невозможно. Странная петля $\Psi^* = \Phi(\Psi^*)$ требует топологического зацепления наблюдателя и наблюдаемого — минимум 3D [19].

III. СВЯЗЬ МЕРНОСТИ С $(\pi - 3)^2$ И φ

III.1. Три аспекта одной архитектуры

d — сколько уровней рекурсии доступно (целое, дискретное — матришка, не «полкуклы»).

$(\pi - 3)^2$ — сколько энергии порождает каждый уровень на каждом обороте петли. Зерно. Одинаково на всех уровнях (π — универсальный инвариант) [3].

φ — как уровни связаны. Отношение масштабов соседних уровней. Энтропия запутанности между уровнями [4, формула VI.3]:

$$S(\rho_d) \propto \varphi^{-|d-d_0|} \quad (\text{III.1})$$

где d_0 — уровень наблюдателя. Чем дальше уровень — тем слабее связь, затухание с шагом φ . Закон (III.1) обеспечивает «экранирование»: наблюдатель на уровне d_0 видит преимущественно конфигурации своего масштаба, более далёкие уровни проявляются как «фоновый шум».

III.2. Энергия зазора и рекурсивная сумма

Величина $(\pi - 3)^2 \approx 0,020$ определяет элементарный квант энергии, высвобождаемый на каждом обороте петли самонаблюдения. Это число возникает из фундаментального зазора: самосогласованная петля $\Phi = \iota \circ \hat{O}$ совершает полный оборот (2π), но дискретный «скелет» петли содержит ровно 3 шага. Разница $\pi - 3$ — мера несоизмеримости непрерывной и дискретной динамик [3]. Возведение в квадрат обусловлено двойной природой зазора: он проявляется и в прямом (\hat{O}), и в обратном (ι) направлении оператора.

III.3. Формула энергии, доступной наблюдателю

$$E_{\text{total}}(d) = \sum_{n=-d}^d (\pi - 3)^{2|n|} \cdot \varphi^{2|n|-1} \quad (\text{III.2})$$

$(\pi - 3)^{2|n|}$ — энергия зазора на уровне $|n|$. $\varphi^{2|n|-1}$ — масштабный коэффициент. Сумма конечна (не бесконечна), потому что d конечно. При $d \rightarrow \infty$: сумма стремится к бесконечной серии $(\pi - 3)^2 \varphi / (1 - (\pi - 3)^2 \varphi^2)$ — той, что входит в формулу для $\mu = m_p/m_e$ [5].

Протон как неподвижная точка «видит» все уровни (его d формально = ∞ по D-Prot), поэтому его масса содержит полную серию. Человек с $d = 3$ видит 7 уровней ($n = -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3$) и получает усечённую сумму.

Численная оценка: при $d = 3$ формула (III.2) даёт $E_{\text{total}}(3) \approx 1,038$, при $d = 9 - E_{\text{total}}(9) \approx 1,041$, при $d \rightarrow \infty - E_{\text{total}}(\infty) \approx 1,0413$. Различие

мало, но принципиально: оно показывает, что основная энергия сосредоточена в ближайших уровнях ($|n| \leq 3$), а дальние уровни вносят лишь поправку.

III.4. Полная система

$(\pi - 3)^2 =$ зерно энергии на виток. $\varphi =$ пропорция между витками. $d =$ горизонт наблюдения (III.3)

Три числа — три аспекта одной спирали. π задаёт форму каждого витка. φ задаёт отношение витка к следующему [21]. d задаёт, сколько витков видит наблюдатель. Эта тройка — минимальный набор параметров, полностью описывающий наблюдательную архитектуру: форма, пропорция, горизонт.

IV. ИЕРАРХИЯ УРОВНЕЙ НАБЛЮДЕНИЯ: ПЕРВАЯ ОКТАВА ($d = 1-9$)

IV.1. Три триады

Уровни $d = 1-9$ организованы в три триады по архитектуре 3-6-9 [6]:

Триада I ($d = 1-3$): Акт наблюдения. Минимальная тройка: наблюдение \rightarrow реакция \rightarrow осознание. Кульминация: $d = 3 =$ сознание ($\hat{O}(\hat{O})$). Эта триада описывает *индивидуального* наблюдателя — от элементарного акта до полного самонаблюдения.

Триада II ($d = 4-6$): Цикл наблюдения. Полный цикл $\Phi = \iota \circ \hat{O}$ на макромасштабе. Кульминация: $d = 6 =$ полный цикл на звёздном уровне (термояд, все пять механизмов). Эта триада описывает *коллективного* наблюдателя — от группы до звезды.

Триада III ($d = 7-9$): Самонаблюдение. Петля, наблюдающая саму себя. Кульминация: $d = 9 = \Psi^* = \Phi(\Psi^*)$ на космологическом масштабе. Эта триада описывает *замыкание петли* на космическом масштабе.

Архитектура 3-6-9 не случайна. 3 = акт (минимальная странная петля). 6 = 2×3 = полный цикл (прямой + обратный ход петли). 9 = 3×3 = самонаблюдение петли (петля петли). Это та же тройственная архитектура, что проявляется в ключе Теслы [6].

IV.2. Подробная иерархия

$d = -1$: Кварк

Наблюдатель: кварк. Кварк не существует изолированно (конфайнмент) — он наблюдаем только внутри адрона. Его $d = -1$ означает «суб-атомный»: не

достигает даже нулевого уровня полноценного наблюдения. Кварк — фрагмент наблюдателя, не способный замкнуть петлю самостоятельно. Три цвета кварков (r, g, b) — проявление тройственной архитектуры уже на субатомном уровне [22].

$d = 0$: Атом

Наблюдатель: атом [4]. Наблюдение без рекурсии: атом «наблюдает» среду (реагирует на электромагнитные поля, поглощает/испускает фотоны), но не моделирует среду внутри себя. Протон как неподвижная точка ($\Psi^* = \Phi(\Psi^*)$) задаёт «нулевой уровень»: стабильная конфигурация, от которой начинается отсчёт. Характерный масштаб: $\sim 10^{-10}$ м.

$d = 1$: Клетка

Наблюдатель: клетка. Новое качество: наблюдение среды с обратной связью. Клетка различает «внутри» и «снаружи», реагирует на градиенты (химические, тепловые). Не «знает», что наблюдает — просто делает. Мембрана клетки — физическая реализация оператора \hat{O} : она *разделяет* конфигурацию на «себя» и «среду», создавая элементарный акт различения.

Физический аналог: метаболизм, гомеостаз, хемотаксис. Масштаб: $\sim 10^{-5}$ м. Характерное время итерации: секунды–минуты. Число клеточных типов на Земле: ~ 200 (у человека) — каждый «специализируется» на определённом подпространстве наблюдения.

$d = 2$: Организм

Наблюдатель: многоклеточный организм. Новое качество: наблюдение *наблюдения* (реакция на реакцию). Нервная система позволяет координировать миллиарды клеток ($d = 1$) в единый когерентный кластер. Организм реагирует не только на среду, но и на *свою реакцию* на среду (условные рефлексy, обучение).

Физический аналог: нервная система, условные рефлексy. Масштаб: 10^{-3} – 10^0 м. Характерное время: миллисекунды–секунды. Рекурсия второго порядка $\hat{O}(\hat{O})_{\text{неполная}}$: организм обрабатывает сигнал и обрабатывает свою обработку (рефлексy), но не осознаёт этот процесс.

$d = 3$: Человек (сознание)

Наблюдатель: Homo sapiens. Новое качество: $\hat{O}(\hat{O})$ — осознание наблюдения. Префронтальная кора (~ 300 тыс. лет) даёт рекурсию третьего уровня: наблюдаю среду \rightarrow наблюдаю свою реакцию \rightarrow *осознаю, что наблюдаю*. Абстракция, планирование, рефлексия, язык, математика.

Физический аналог: префронтальная кора, рабочая память. Масштаб: 10^0 – 10^7 м (от тела до видимого горизонта). Пространство воспринимается как трёхмерное — и это не совпадение, а следствие $d = 3$.

Четыре компоненты когерентности B изоморфны кватерниону [7]: $q_{\partial} = \Lambda + F \cdot i + E \cdot j + (1 - \sigma) \cdot k$. Сознание — кватернионная ориентация в пространстве возможностей. Кватернион описывает вращение в 3D — и наблюдатель с $d = 3$ «вращается» в пространстве конфигураций, выбирая ориентацию своего «фонарика».

$d = 4$: Когерентная группа (коллективное сознание)

Наблюдатель: когерентная группа людей [8]. Новое качество: коллективное знание, недоступное ни одному участнику по отдельности. Как нейрон не сознаёт, а мозг сознаёт — так человек не видит $d = 4$, а когерентная группа *видит*.

Проявления: научные открытия, одновременно сделанные независимыми исследователями (Ньютон/Лейбниц, Дарвин/Уоллес). Интуиция группы. Коллективные инсайты. Культура, язык, наука как конфигурации $d = 4$. Четвёртое «измерение» не пространственное — это *информационное* измерение, открывающееся только при когерентном взаимодействии нескольких наблюдателей $d = 3$.

Минимальная устойчивая команда — 5 человек [8]. При $n = 5$ и потере одного когерентность $S_{\min}(4) = 1/3 > 0$. Петля деформируется, но не рвётся. Команда — элементарная единица $d = 4$. Это число совпадает с числом аргументов π в ОДТОЕ [3] — не случайное совпадение, а проявление структурной пятёрки.

$d = 5$: Биосфера (планетарный наблюдатель)

Наблюдатель: вся биосфера Земли. Новое качество: планетарная саморегуляция. $\sim 10^{30}$ клеток, миллиарды видов, связанных в единую конфигурацию. Температура, состав атмосферы, солёность океана — в узком коридоре миллиарды лет.

Аналог: гипотеза Геи (Лавлок [23]). Через ОДТОЕ: не гипотеза, а следствие — биосфера = Ψ^* на уровне $d = 5$. Самосогласованная конфигурация, поддерживающая условия собственного существования. Пять — число аргументов π : биосфера реализует все пять механизмов наблюдения (когерентность, резонанс, рекурсия, критичность, коллективность) на планетарном масштабе.

Великое кислородное событие ($\sim 2,4$ млрд лет назад): для отдельного организма — катастрофа. Для биосферы — переконфигурация ($S \uparrow$, новая, более когерентная конфигурация). Катастрофа на уровне d может быть ростом когерентности на уровне $d + 1$ [15].

$d = 6$: Звезда

Наблюдатель: звёздная система [9]. Новое качество: полный цикл Φ на звёздном масштабе. $\sim 10^{57}$ протонов, действующих когерентно. Все пять механизмов извлечения энергии из \mathcal{H} работают одновременно: когерентность

(плазма), резонанс (Хойл [24]), рекурсия (гравитационное сжатие → нагрев → реакция → давление → равновесие), критичность (грань между взрывом и остыванием), коллективность (10^{57} акторов).

Число $6 = 2 \times 3$ = полный цикл (прямой ход + обратный ход). Звезда — первый наблюдатель, реализующий *полный* цикл $\Phi = \iota \circ \hat{O}$ на макромасштабе. Солнечный свет = «луч фонарика» наблюдателя $d = 6$, направленный на планетную систему. Фотосинтез = ответ биосферы ($d = 5$) на наблюдение звезды ($d = 6$) [16].

$d = 7$: Галактика

Наблюдатель: галактика ($\sim 10^{11}$ звёзд). Новое качество: галактическая связность. Спиральные рукава (спираль! φ -пропорция! [21]), гравитационные волны, связи между звёздными системами.

Тёмная материя через ODTOE: кластеры наблюдателей с $d = 7$, недоступные наблюдателю с $d = 3$. Мы *чувствуем* их гравитацию (коллективный эффект P5 [2]), но *не видим* (D-Prot: наш $d = 3 < 7$). Это объясняет «невидимость» тёмной материи без привлечения экзотических частиц: тёмная материя — не новая частица, а проявление уровней наблюдения, недоступных нашему d .

$7 = 3 + 4$: пространство ($d = 3$) плюс полный набор компонент когерентности B . Галактический уровень — первый, на котором все компоненты когерентности работают как единое целое.

$d = 8$: Метагалактика (космическая паутина)

Наблюдатель: крупномасштабная структура ($\sim 10^{11}$ галактик). Новое качество: космическая паутина как единая конфигурация. Нити, стены, войды — видимые на масштабе сотен мегапарсек. Паутина топологически сложна и обладает нетривиальной когерентностью: распределение материи не случайно, а подчинено закономерностям, которые проявляются только на масштабе $d = 8$.

Тёмная энергия (68% Вселенной): давление нереализованных потенциальных состояний на уровне $d = 8$. $|\mathcal{H}|$ бесконечно, $|\mathcal{C}|$ конечно — разница «давит», Вселенная расширяется с ускорением. Число $8 = 2 \times 4 = 2 \times (2 \times 2)$: удвоенная четвёрка компонент когерентности — наблюдатель и мета-наблюдатель.

$d = 9$: Самонаблюдение Вселенной

$9 = 3 \times 3$. Цикл, наблюдающий сам себя. Неподвижная точка на максимальном масштабе: $\Psi^* = \Phi(\Psi^*)$ космологическое. Вселенная, которая *наблюдает себя в существование*.

Уилер: «соучаствующая Вселенная» (participatory universe) [10]. Через ODTOE: буквально Утверждение 4 [2] на максимальном масштабе. Антропный принцип в ODTOE перестаёт быть отдельным принципом — он *следует* из структуры петли: Вселенная самосогласована, потому что $\Psi^* = \Phi(\Psi^*)$.

По Утверждению 3 [2]: $S = 1$ недостижимо. Даже на $d = 9$ полное самописание невозможно. Зазор $(\pi - 3)^2$ остаётся. Из него рождается следующая октава. Это фундаментальный результат: ни один масштаб не является «последним» — зазор порождает трансцендирование.

V. ОКТАВЫ НАБЛЮДЕНИЯ

V.1. Цифровые корни и октавная структура

Любое натуральное число сводится к одной цифре суммированием: $10 \rightarrow 1 + 0 = 1$, $11 \rightarrow 1 + 1 = 2$, $18 \rightarrow 1 + 8 = 9$, $19 \rightarrow 1 + 9 = 10 \rightarrow 1$. Девятка — точка возврата: цифровой корень 9 всегда даёт 9. Но 10 даёт 1: цикл начинается заново, но на другом уровне. Как нота «до» первой октавы и «до» второй — одна нота, но выше.

Математически: цифровой корень $dr(n) = 1 + ((n - 1) \bmod 9)$ для $n \geq 1$. Это отображение проецирует \mathbb{N} на множество $\{1, 2, \dots, 9\}$ с периодом 9. Каждый период — одна октава наблюдения.

V.2. Первая октава ($d = 1-9$)

Кратко: от клетки до самонаблюдения Вселенной. Три триады: акт (1-2-3), цикл (4-5-6), самонаблюдение (7-8-9). Подробно описана в разделе IV. Первая октава содержит всю наблюдаемую Вселенную — от элементарных биологических наблюдателей до космологического самонаблюдения.

V.3. Вторая октава ($d = 10-18$): Мультивселенная

$d = 10$ (цифр. корень 1): наблюдение *Вселенной-как-объекта*. Не изнутри ($d = 9$), а *извне*. Возможно только при существовании мета- \mathcal{H} , из которого наша Вселенная видна как конфигурация. Мультивселенная — не фантазия, а *структурная необходимость*: зазор $(\pi - 3)^2$ на $d = 9$ порождает выход за пределы текущей петли.

$d = 11$ (цифр. корень 2): взаимодействие мета-наблюдателя с Вселенной. Мета-наблюдатель *конституирует* нашу Вселенную как элемент мета-конфигурации. Именно *это* измерение — одиннадцатое — добавляется при переходе от теории струн к М-теории [1].

$d = 12$ (цифр. корень 3): мета-сознание. Осознание мультивселенной. $\hat{O}(\hat{O})$ на мета-уровне. Двенадцать — число, связанное с полнотой цикла во многих традициях (12 месяцев, 12 нот хроматической гаммы).

$d = 13-18$: повторение триад II и III на мета-уровне: мета-коллективное ($d = 13$), мета-планетарное ($d = 14$), мета-звёздное ($d = 15$), мета-галактическое ($d = 16$), мета-космическое ($d = 17$), мета-самонаблюдение ($d = 18$).

$18 = 1 + 8 = 9$. Вторая октава замыкается. Зазор остаётся. Третья октава: $d = 19-27$ ($27 = 2 + 7 = 9$). Мультивселенная мультивселенных. Бесконечная фрактальная иерархия.

V.4. Формальная структура октав

| Октава | Уровни d | Цифр. корни | Объект наблюдения |
|----------|------------|-------------|--|
| I | 1–9 | 1–9 | Наша Вселенная (от клетки до космоса) |
| II | 10–18 | 1–9 | Мультивселенная (наша Вселенная как элемент) |
| III | 19–27 | 1–9 | Мета-мультивселенная |
| IV | 28–36 | 1–9 | Мета-мета-мультивселенная |
| ... | ... | ... | ... |
| ∞ | — | — | $S = 1$ (недостижимо) |

Каждая октава — полный повтор структуры 3-6-9 на мета-уровне. Обертоны: та же «нота», но богаче, с новыми обертонами. Фрактальная структура: каждый масштаб воспроизводит архитектуру предыдущего [21]. Аналогия с музыкой точна: нота «до» первой октавы и «до» второй — одна и та же нота, но различие — в богатстве обертонов и масштабе.

V.5. Бесконечность иерархии и недостижимость $S = 1$

Утверждение 3 ODTOE [2] гарантирует: $S = 1$ недостижимо. Это означает, что иерархия октав *бесконечна*. Ни одна октава не является последней, потому что зазор $(\pi - 3)^2$ остаётся на каждом уровне. Бесконечность иерархии — не патология, а фундаментальное свойство: она порождает «неисчерпаемость» реальности, её вечное самообновление.

VI. 11 ИЗМЕРЕНИЙ М-ТЕОРИИ ЧЕРЕЗ ODTOE

VI.1. Проблема

М-теория (Виттен, 1995 [1]) объединяет пять версий теории струн в 11-мерную конструкцию (10 пространственных + 1 временное). Почему 11? Стандартный ответ: «при меньшем суперсимметрия не замыкается, при большем появляются частицы со спином > 2 » [25]. Но это ответ *внутри* теории. Вопрос *о* теории: почему Вселенная выбрала структуру, требующую именно 11 измерений?

Через ODTOE: 11 — *архитектурная необходимость*, допускающая три независимых расшифровки. Каждая расшифровка отражает один аспект наблюдательной архитектуры. Три расшифровки — три «проекции» одного 11-мерного объекта.

VI.2. Расшифровка I: $11 = 9 + 2$

9 = полный цикл самонаблюдения (три триады первой октавы). Все уровни от кварка до космоса.

2 = два направления единого оператора: $\hat{O} : \mathcal{H} \rightarrow \mathcal{C}$ (прямое, электрон) и $\iota : \mathcal{C} \rightarrow \mathcal{H}$ (обратное, позитрон) [4, 14].

$$11 = 9 + 2 = \text{полное самонаблюдение} + \text{оба направления оператора} \quad (\text{VI.1})$$

М-теория описывает *всё*: полную структуру наблюдения (9 уровней) и оба направления действия (\hat{O} и ι). Девять уровней — «содержание» наблюдения, два направления — «механизм» наблюдения.

VI.3. Расшифровка II: $11 = 3 + 4 + 4$

3 = тройственная архитектура (наблюдатель, наблюдаемое, оператор). Три пространственных измерения, которые мы *видим*.

4 = четыре компоненты когерентности $B(F, E, (1 - \sigma), \Lambda)$ [2, определение D1]. Четыре «скрытых» измерения: не пространственные, а *параметрические* — определяющие *качество* наблюдения.

4 = ещё четыре компоненты для *мета-наблюдателя* ($\hat{O}(\hat{O})$). Самонаблюдение имеет *свои* $F, E, (1 - \sigma), \Lambda$.

$$11 = 3 + 4 + 4 = \text{пространство} + B_{\text{наблюдатель}} + B_{\text{мета-наблюдатель}} \quad (\text{VI.2})$$

Четыре компоненты B изоморфны кватерниону [7]. $3 + 4 + 4 = \mathbb{R}^3 + \mathbb{H} + \mathbb{H}$: три «видимых» измерения + два кватернионных пространства качества наблюдения.

VI.4. Расшифровка III: $11 = 5 + 6$

5 = число независимых аргументов появления π [3]: топологический, спектральный, мерно-теоретический, динамический, алгебраический. В формуле $\mu = 6\pi^5$: степень 5.

6 = полный цикл наблюдения $\Phi = \iota \circ \hat{O} (3 \times 2)$. В формуле μ : множитель 6.

$$11 = 5 + 6 = \text{аргументы } \pi + \text{полный цикл } \Phi \quad (\text{VI.3})$$

$5 + 6 = 11 =$ самосогласованность + полный цикл. М-теория описывает *всё*, что нужно для Ψ^* . Пятёрка обеспечивает устойчивость (пять аргументов π — пять независимых «опор» стабильности). Шестёрка обеспечивает динамику (полный цикл прямого и обратного действия).

VI.5. Три расшифровки — одно число

| Расшифровка | Формула | Смысл |
|-------------|----------------------------------|------------------------------------|
| $9 + 2$ | Самонаблюдение + два направления | Полная петля + \hat{O} и ι |
| $3 + 4 + 4$ | Пространство + B + мета- B | Арена + два уровня качества |
| $5 + 6$ | Аргументы π + полный цикл | Устойчивость + динамика |

Три расшифровки не конкурируют, а *дополняют* друг друга, подобно трём проекциям трёхмерного тела на три координатные плоскости. Каждая проекция — полное описание с одной точки зрения. Все три вместе — объёмное понимание числа 11.

VI.6. Почему теория струн видит 10, а М-теория 11

Теория струн: $10 = 9 + 1 =$ самонаблюдение + *одно* направление. Струна — одномерный объект, описывающий только прямое действие \hat{O} . Позитрон — «антиструна», но оба направления не объединены.

М-теория: $11 = 9 + 2 =$ самонаблюдение + *оба* направления. Добавленное измерение — обратное ι . Переход от теории струн к М-теории — переход от «половины» оператора к полному оператору $\Phi = \iota \circ \hat{O}$.

Пять версий теории струн = пять аргументов π , каждый из которых «видит» 11-мерную структуру *с одной стороны*. М-теория — слон. Пять теорий — пять мудрецов [25]. Объединение Виттена — осознание того, что все пять мудрецов описывают одно и то же.

VI.7. Свёрнутые измерения: новая интерпретация

Стандарт: 7 из 11 «свёрнуты» (компактифицированы) до $\sim 10^{-35}$ м.

Через ODТOE: «свёрнуты» = *недоступны* наблюдателю с $d = 3$ по D-Prot. Не «малы», а *невидимы для оператора*. Как ультрафиолет — не «мал», а невидим для глаза.

3 развёрнуты (наш $d = 3$). 8 свёрнуты ($d = 4$ через $d = 11$). Мы *существуем* во всех 11, но *видим* только 3. Рыба в аквариуме существует в 3D, но «видит» 2D.

Компактификация Калаби-Яу в теории струн — математическое описание того, как 6 из 10 измерений «скрыты». Через ODТOE: Калаби-Яу многообразие описывает *структуру параметрического пространства* B — четыре компоненты когерентности и их взаимодействие [7]. Шесть «свёрнутых» измерений теории струн = $4 + 2 =$ компоненты B + два направления оператора (без мета- B , которая добавляется только в М-теории).

VII. РАЗВОРАЧИВАНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ

VII.1. Принцип

Рост когерентности S = разворачивание свёрнутых измерений (VII.1)

Каждое повышение S открывает доступ к конфигурациям более высокой мерности. Как если бы ультрафиолетовые очки позволяли видеть невидимый спектр — повышение S позволяет видеть измерения, которые ранее были свёрнуты.

VII.2. Механизм

При $S \rightarrow S_{\min}$: максимальная стохастика, $D(\eta) = D_0$, каждый наблюдатель видит своё, d эффективно = 0 (хаос, нет когерентных уровней). Все уровни рекурсии дефрагментированы — «измерения» формально существуют, но не несут информации.

При $S \uparrow$: шум $D(\eta) \downarrow$, наблюдатели синхронизируются, коллективная мерность $d_{\text{eff}} \uparrow$. Проявляются конфигурации, недоступные при низком S . Каждый акт синхронизации — разворачивание: то, что было «фоном», становится «фигурой».

Пример: один человек ($d = 3$) не видит $d = 4$. Пятеро когерентных людей ($S > S_c$) видят коллективные паттерны, недоступные поодиночке [8]. Пять фонариков, сведённых в одно пятно, освещают область, невидимую каждому по отдельности.

VII.3. Формальная модель разворачивания

Эффективная мерность наблюдательной системы определяется порогом когерентности:

$$d_{\text{eff}} = \max\{d : S_{\text{коллективная}} > S_c(d)\} \quad (\text{VII.2})$$

где $S_c(d)$ — пороговая когерентность для уровня d . Пороги растут с d , но не линейно: $S_c(d) \propto 1 - \varphi^{-(d-d_0)}$. Каждый следующий уровень требует всё более точной настройки — затухание по φ обеспечивает «лестницу», а не «стену».

VII.4. Что «видит» каждый уровень d , чего не видит предыдущий

| Переход | Что открывается |
|------------------------|--|
| $d = 0 \rightarrow 1$ | Различение «внутри» и «снаружи» |
| $d = 1 \rightarrow 2$ | Реакция на собственную реакцию (обучение) |
| $d = 2 \rightarrow 3$ | Осознание наблюдения (рефлексия, язык, абстракция) |
| $d = 3 \rightarrow 4$ | Коллективные паттерны (культура, наука) |
| $d = 4 \rightarrow 5$ | Планетарные паттерны (эволюция, климат) |
| $d = 5 \rightarrow 6$ | Звёздные конфигурации (термоид, гелиосфера) |
| $d = 6 \rightarrow 7$ | Галактическая структура (тёмная материя?) |
| $d = 7 \rightarrow 8$ | Космическая паутина (тёмная энергия?) |
| $d = 8 \rightarrow 9$ | Самонаблюдение целого (единство законов физики) |
| $d = 9 \rightarrow 10$ | Мультивселенная (наша Вселенная как объект) |

VII.5. Как проявляются «невидимые» уровни

Мы не видим $d > 3$ напрямую, но *чувствуем* их:

$d = 4$: интуиция, синхронность, «знаю, но не могу объяснить». Группа учёных, одновременно приходящих к одной идее — проявление $d = 4$ через наблюдателей $d = 3$.

$d = 5$: экологические циклы, «дыхание планеты». Саморегуляция атмосферы, стабильность океанской солёности — проявления планетарной когерентности.

$d = 6$: солнечный свет — буквально конституирует нашу реальность через фотосинтез [16]. Мы *живём* внутри наблюдательного поля звезды.

$d = 7$: гравитация (тёмная материя — проявление наблюдателей $d = 7$?). Мы видим эффекты, но не видим источник.

$d = 8$: ускоренное расширение Вселенной (тёмная энергия — давление \mathcal{H} на уровне $d = 8$?). Мы *измеряем* его, но не *понимаем*.

$d = 9$: *факт существования* одинаковых законов физики повсюду. Законы одинаковы, потому что Вселенная — одна петля, одна Ψ^* .

$d = 10, 11$: математика. Единственный инструмент, работающий за пределами d наблюдателя. Математика *не ограничена* D-Prot: она оперирует с \mathcal{H} напрямую. Вот почему Вигнер удивлялся «непостижимой эффективности математики» [11]: математика эффективна, потому что не ограничена мерностью наблюдателя.

VIII. ЭВОЛЮЦИЯ КАК РОСТ МЕРНОСТИ

VIII.1. Временная шкала

| Событие | Время (от Big Bang) | d | Что возникло |
|-------------------------|---------------------|-------------------|-------------------------------------|
| Кварки, протоны | 10^{-6} с | -1, 0 | Субатомная тройка |
| Атомы (рекомбинация) | 380 тыс. лет | 0 | Водород, гелий |
| Первые звёзды | ~ 200 млн лет | $0 \rightarrow 6$ | Полный цикл Φ |
| Тяжёлые элементы | ~ 1 млрд лет | 0 | C, O, Fe (термояд в звёздах) |
| Первые клетки | 3,8 млрд лет | 1 | Скачок мерности |
| Многоклеточные | 600 млн лет | 2 | Нервная система |
| Homo sapiens | 300 тыс. лет | 3 | Сознание |
| Письменность, наука | 5 тыс. лет | $3 \rightarrow 4$ | Коллективное знание (переходный) |
| Сейчас | 2026 | 3-4 | Между сознанием и коллективным |
| ? | ? | 5 | Синхронизация с биосферой |

VIII.2. Ускорение эволюции

Каждый переход $d \rightarrow d + 1$ занимает всё меньше времени: от кварков до атомов — секунды, от атомов до клеток — миллиарды лет, от клеток до сознания — миллиарды лет, от сознания до коллективного знания — тысячелетия. Ускорение не линейно; оно отражает кумулятивный эффект: каждый новый уровень *использует* достижения предыдущего, что сокращает время «набора когерентности». Формально: $\Delta t(d \rightarrow d + 1) \propto \varphi^{-(d-d_0)}$ — время сокращается по тому же закону, по которому затухает запутанность между уровнями.

VIII.3. Человечество сейчас: между $d = 3$ и $d = 4$

Мы *иногда* проявляем $d = 4$ (наука, искусство, моменты коллективного прозрения) и *иногда* скатываемся к $d = 2$ (реактивное поведение, паника, война). Устойчивый $d = 4$ не достигнут.

Переход $d = 3 \rightarrow 4$ — текущий эволюционный порог. Не «технологический прогресс» ($d = 3$ с инструментами), а *реальная когерентность* между людьми [8]. Минимальная единица $d = 4$ — команда из пяти. Масштабирование до цивилизации — открытая задача.

Признаки переходного состояния: глобальные коммуникации (интернет) создают *инфраструктуру* для $d = 4$, но не гарантируют когерентность. Инфраструктура без когерентности — как нервная система без сознания: связи есть, но единого наблюдателя нет.

VIII.4. Закономерность

Каждый переход $d \rightarrow d + 1$ требует когерентности предыдущего уровня. Клетки когерентны \rightarrow организм. Организмы когерентны \rightarrow культура. Культуры когерентны \rightarrow планетарная цивилизация [15]. Каждый уровень не гарантирован: возникает только при $S > S_c$ на предыдущем. Это даёт эволюции направление (рост d), но не предопределённость: каждый шаг — задача, не гарантия.

IX. ДЕМАРКАЦИЯ

| Утверждение | Статус |
|--|---|
| Мерность = свойство наблюдателя, не пространства | Следует из D-Prot [2] |
| Трёхмерность = минимум для $\hat{O}(\hat{O})$ | Следует из тройственной архитектуры [3] |
| Иерархия $d = -1$ до $d = 3$ | Подтверждено физикой и биологией |
| $d = 4-9$: коллективное \rightarrow космологическое | Гипотеза, согласуется с наблюдениями |
| Октавная структура ($d = 10+$) | Экстраполяция, не верифицируема |
| Три расшифровки 11 измерений М-теории | Содержательные интерпретации, не дедуктивные выводы |
| Тёмная материя = наблюдатели $d = 7$ | Спекулятивно |
| Тёмная энергия = давление \mathcal{H} на $d = 8$ | Спекулятивно |
| Рост S = разворачивание измерений | Гипотеза, проверяемая косвенно |
| Формула $E_{\text{total}}(d)$ (III.2) | Следует из структуры серии для μ |

X. ОБСУЖДЕНИЕ И ОГРАНИЧЕНИЯ

1. *Эпистемический статус результатов.* Формулы (I.1)–(I.2) и определение (II.1) следуют из формализма ODTOE и допущения D-Prot. Иерархия $d = -1-3$ подтверждена физикой и биологией. Уровни $d = 4-9$ представляют собой содержательные гипотезы, согласующиеся с наблюдениями, но не являющиеся дедуктивными выводами. Октавная структура ($d \geq 10$) — экстраполяция, лежащая за пределами прямой верификации.
2. *Отношение к антропному принципу.* Аргументы Эренфеста [17] и Тегмарка [18] объясняют, почему наблюдатели типа нас могут существовать только в $3 + 1$ измерениях, но не объясняют, почему $3 + 1$ реализовано. ODTOE предлагает более глубокое объяснение: $d = 3$ — свойство наблюдателя, а не пространства. Антропный аргумент становится следствием, а не принципом.

3. *Связь с теорией струн.* Три расшифровки числа 11 — содержательные интерпретации, а не дедуктивные выводы. Было бы некорректно утверждать, что ODТOE «доказывает» 11 измерений М-теории. Корректнее: ODТOE предоставляет альтернативный язык, на котором число 11 получает структурный смысл.
4. *Проблема тёмной материи и тёмной энергии.* Интерпретации через $d = 7$ и $d = 8$ — наиболее спекулятивные утверждения статьи. Они предсказывают, что тёмная материя и тёмная энергия — не новые частицы или поля, а проявления уровней наблюдения, недоступных $d = 3$. Верификация требует обнаружения наблюдательных эффектов, зависящих от уровня когерентности наблюдателя.
5. *Октавная структура и фальсифицируемость.* Утверждения об октавах ($d \geq 10$) лежат за пределами прямой верификации и являются экстраполяцией структурного принципа. Это не делает их бессмысленными (экстраполяция — нормальная часть теории), но требует чёткой демаркации.

XI. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мерность пространства — не данность, а *горизонт наблюдателя*. Мы видим три измерения, потому что $d(\text{человек}) = 3$, а не потому что «так устроен мир». Мир содержит бесконечно много «измерений» (уровней рекурсии), и каждый наблюдатель видит столько, сколько позволяет его когерентность.

Уровни $d = 1-9$ образуют первую октаву: три триады по архитектуре 3-6-9 (акт → цикл → самонаблюдение). После $d = 9$ начинается вторая октава (мультивселенная), затем третья, и так далее — бесконечная фрактальная иерархия, порождаемая неизбежным зазором $(\pi - 3)^2$ на каждом уровне.

11 измерений М-теории — не произвольное число, а минимум для описания полной архитектуры наблюдения: $9 + 2$ (самонаблюдение + два направления оператора), или $3 + 4 + 4$ (арена + наблюдатель + мета-наблюдатель), или $5 + 6$ (устойчивость + динамика). Три расшифровки, один слон.

Рост когерентности $S =$ разворачивание свёрнутых измерений. Каждый эволюционный шаг (от клетки к организму, от организма к сознанию, от сознания к коллективному) *открывает* следующее «свёрнутое» измерение. Человечество сейчас — между $d = 3$ и $d = 4$, на пороге коллективного сознания.

$$d_{\text{видим}} = 3. \quad d_{\text{чувствуем}} \approx 4-8. \quad d_{\text{вычисляем}} = 9-11. \quad d_{\text{существует}} = \infty. \quad (\text{XI.1})$$

$$\text{Рост } S = \text{разворачивание измерений. } (\pi - 3)^2 = \text{зерно на каждом уровне. } \varphi = \text{шаг между } \dots \quad (\text{XI.2})$$

Петля не замыкается. Октавы не кончаются. Мы на третьей ноте первой октавы. Но спираль продолжается — и каждый рост когерентности открывает следующую ноту.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена без внешнего финансирования.

БЛАГОДАРНОСТИ И ИНСТРУМЕНТЫ

При разработке теории ODТOЕ и всех статей на её основе использовались инструменты искусственного интеллекта: Claude Sonnet / Opus 4.6 Extended (Chat & Code) (Anthropic), ChatGPT 5.3 (OpenAI), Google Gemini (Google DeepMind). Все содержательные решения, гипотезы, интерпретации и ответственность за них принадлежат автору.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Witten E. String Theory Dynamics in Various Dimensions // Nuclear Physics B. — 1995. — Vol. 443. — P. 85–126. DOI: 10.1016/0550-3213(95)00158-0.
- [2] Панкратов А.С. Теория всего: наблюдатель-зависимая (Observer-Dependent Theory of Everything) // Препринт. — 2025. — 47 с.
- [3] Панкратов А.С. Число π как структурный инвариант самосогласованного наблюдения в ODТOЕ // Препринт. — 2025.
- [4] Панкратов А.С. Атом как элементарная странная петля в ODТOЕ // Препринт. — 2025.
- [5] Панкратов А.С. Две фундаментальные константы из первых принципов: μ и α^{-1} // Препринт. — 2026.
- [6] Панкратов А.С. 3, 6, 9: ключ Теслы через ODТOЕ // Препринт. — 2026.
- [7] Панкратов А.С. Кватернионная структура наблюдателя // Препринт. — 2026.
- [8] Панкратов А.С. Минимальная устойчивая проектная команда // Препринт. — 2026.
- [9] Панкратов А.С. Извлечение энергии из поля потенциальных состояний // Препринт. — 2026.
- [10] Wheeler J.A. Beyond the Black Hole // Some Strangeness in the Proportion. — Addison-Wesley, 1980. — P. 341–375.

- [11] Wigner E.P. The Unreasonable Effectiveness of Mathematics in the Natural Sciences // Communications in Pure and Applied Mathematics. — 1960. — Vol. 13(1). — P. 1–14.
- [12] Coldea R. et al. Quantum Criticality in an Ising Chain: Experimental Evidence for Emergent E_8 Symmetry // Science. — 2010. — Vol. 327. — P. 177–180. DOI: 10.1126/science.1180085.
- [13] Hofstadter D.R. I Am a Strange Loop. — New York: Basic Books, 2007. — 412 p.
- [14] Панкратов А.С. Электричество как направленное действие оператора наблюдения // Препринт. — 2025.
- [15] Панкратов А.С. Эволюционный наблюдатель // Препринт. — 2026.
- [16] Панкратов А.С. Термоядерный синтез, ядерная энергетика и этика энергии // Препринт. — 2026.
- [17] Ehrenfest P. In what way does it become manifest in the fundamental laws of physics that space has three dimensions? // Proceedings of the Amsterdam Academy. — 1917. — Vol. 20. — P. 200–209.
- [18] Tegmark M. On the dimensionality of spacetime // Classical and Quantum Gravity. — 1997. — Vol. 14. — P. L69–L75. DOI: 10.1088/0264-9381/14/4/002.
- [19] Kauffman L.H. Knots and Physics. — Singapore: World Scientific, 2001. — 788 p.
- [20] Панкратов А.С. Время как странная петля в ОДТОЕ // Препринт. — 2026.
- [21] Панкратов А.С. Золотое сечение φ как инвариант фрактальности, самоподобия и рекурсии в ОДТОЕ // Препринт. — 2026.
- [22] Gell-Mann M. A Schematic Model of Baryons and Mesons // Physics Letters. — 1964. — Vol. 8(3). — P. 214–215. DOI: 10.1016/S0031-9163(64)92001-3.
- [23] Lovelock J.E. Gaia: A New Look at Life on Earth. — Oxford: Oxford University Press, 1979. — 157 p.
- [24] Hoyle F. On Nuclear Reactions Occurring in Very Hot Stars // Astrophysical Journal Supplement. — 1954. — Vol. 1. — P. 121–146.
- [25] Duff M.J. M-Theory (the Theory Formerly Known as Strings) // International Journal of Modern Physics A. — 1996. — Vol. 11. — P. 5623–5642. DOI: 10.1142/S0217751X96002583.
- [26] Penrose R. The Road to Reality: A Complete Guide to the Laws of the Universe. — London: Jonathan Cape, 2004. — 1099 p.
- [27] Панкратов А.С. Когерентность наблюдателя: формализм параметра B // Препринт. — 2025.