

ТЁМНАЯ ЭНЕРГИЯ КАК ПРОЦЕСС СЛИЯНИЯ PARENT-ПРОТОНОВ В ОДТОЕ-МАТРЁШКЕ: ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ РАЗРЕШЕНИЕ HUBBLE-TENSION ЧЕРЕЗ χ -АНИЗОТРОПИЮ

(Dark Energy as the Merger Process of Parent-Protons in the ODTOE
Matryoshka:
Geometric Resolution of the Hubble Tension via χ -Anisotropy)

Геометрическая первичность $\varphi^2 : 1 : Z$ с $Z = (\pi - 3)/[1 - (\pi - 3)\varphi]$, χ -режимы скорости слияния, Hubble-tension через $\Delta\chi$ -анизотропию и предел N_{\max} через 2%-зазор $(\pi - 3)^2$

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 524.85 + 524.83 + 530.12

АННОТАЦИЯ

В работе предлагается феноменологический механизм тёмной энергии (DE) как процесса слияния parent-протонов в ОДТОЕ-матрёмке [1, 2]. Тёмная и обычная материя интерпретируются как фазы единой иерархической структуры с фиксированными асимптотическими долями $\Omega_{\Lambda}^{(\text{geom})} : \Omega_{DM}^{(\text{geom})} : \Omega_b^{(\text{geom})} = \varphi^2 : 1 : Z$, где $\varphi = (1 + \sqrt{5})/2$ — золотое сечение, а $Z = (\pi - 3)/[1 - (\pi - 3)\varphi] \approx 0,18367$ — сумма геометрической серии 2%-спиральных зазоров [3]. Введён скалярный модулятор $\chi(x, t) = \chi_0 + \Delta\chi(x, t)$ — безразмерное поле скорости слияния, не затрагивающее геометрические инварианты φ^2 , $(\pi - 3)^2$, Z . Сформулирован Постулат P7 (*геометрической первичности*): для любого χ при $t \rightarrow \infty$ доли Ω_i стремятся к фиксированным геометрическим значениям — отсюда отсутствие двойного учёта между кинетикой χ и геометрией $(\pi - 3)^2$. Три независимых утверждения статьи (a) χ -режимы расширения, (b) Hubble-tension через $\Delta\chi$ -анизотропию между ранней и поздней эпохами, (c) объединение DE/DM через 2%-остаток — интегрированы в jointly-falsifiable программу из пяти предсказаний (P1–P5) для DESI Y3, Euclid, LSST/Vera Rubin и CMB-S4. Получена формула $N_{\max}^{(\text{local})} = \Omega_{DM}^{(\text{geom})}/(\pi - 3)^2 \approx 13,12$ как предел числа активных режимов слияния в локальной октаве; рассмотрены три сценария ограничения слияний (бесконечный, локально-финитный, рекурсивно-октавный) и обоснован сценарий C (*рекурсивный*) как ОДТОЕ-нативный. Феноменологическая природа механизма явно декларирована: соотношение $\Omega_i^{(\text{geom})}$, инвариант $(\pi - 3)^2$ и режимы χ — параметры модели, а не следствия фундаментальной квантовой гравитации; верификация остаётся наблюдательной. Статья встраивается

в обозначенную таксономию решений H_0 -tension [13] и положительно отграничивается от phantom-DE (Big Rip) [16] условием $w \geq -1$ во всех режимах. Главный вклад работы: переформулировка тёмной энергии из плоскости *состава* в плоскость *процесса* с фиксированной геометрической асимптотикой $\varphi^2 : 1 : Z$ и единственным фитируемым параметром η .

Ключевые слова: тёмная энергия, тёмная материя, ODTOE, матрёшка, parent-протон, Hubble tension, золотое сечение, φ -тор, спиральный зазор, χ -поле, рекурсия октав, N_{\max} , фальсифицируемость.

ABSTRACT

The paper proposes a phenomenological mechanism for dark energy (DE) as the merger process of parent-protons in the ODTOE matryoshka [1, 2]. Dark and ordinary matter are interpreted as phases of a single hierarchical structure with fixed asymptotic fractions $\Omega_{\Lambda}^{(\text{geom})} : \Omega_{DM}^{(\text{geom})} : \Omega_b^{(\text{geom})} = \varphi^2 : 1 : Z$, where $\varphi = (1 + \sqrt{5})/2$ is the golden ratio and $Z = (\pi - 3)/[1 - (\pi - 3)\varphi] \approx 0.18367$ is the sum of the geometric series of 2% spiral gaps [3]. A scalar modulator $\chi(x, t) = \chi_0 + \Delta\chi(x, t)$ — a dimensionless merger-rate field that does not affect the geometric invariants φ^2 , $(\pi - 3)^2$, Z — is introduced. Postulate P7 (*geometric primacy*) is formulated: for any χ , in the limit $t \rightarrow \infty$ the fractions Ω_i converge to fixed geometric values, so that no double counting arises between the kinetics of χ and the geometry of $(\pi - 3)^2$. Three independent claims of the article — (a) χ -regimes of expansion, (b) Hubble-tension via $\Delta\chi$ -anisotropy between the early and late epochs, (c) DE/DM unification through the 2% residue — are integrated into a jointly falsifiable five-prediction programme (P1–P5) for DESI Y3, Euclid, LSST/Vera Rubin, and CMB-S4. The formula $N_{\max}^{(\text{local})} = \Omega_{DM}^{(\text{geom})}/(\pi - 3)^2 \approx 13.12$ is derived as the limit of active merger regimes in the local octave; three saturation scenarios are considered (unbounded, locally finite, recursive-octave), and scenario C (*recursive*) is justified as the ODTOE-native option. The phenomenological status of the mechanism is explicitly declared: the relations $\Omega_i^{(\text{geom})}$, the invariant $(\pi - 3)^2$, and the χ -regimes are model parameters rather than consequences of a fundamental quantum gravity, and verification remains observational. The article fits within the announced taxonomy of H_0 -tension solutions [13] and is sharply distinguished from phantom-DE / Big Rip [16] by the condition $w \geq -1$ in all regimes.

Keywords: dark energy, dark matter, ODTOE, matryoshka, parent-proton, Hubble tension, golden ratio, φ -torus, spiral gap, χ -field, octave recursion, N_{\max} , falsifiability.

I. ВВЕДЕНИЕ: ДВЕ АНОМАЛИИ И НЕДОСТАЮЩИЙ МЕХАНИЗМ

Концептуальная карта современной космологии содержит две устойчивые аномалии. Первая — Hubble tension: значение постоянной Хаббла, восстановленное по микроволновому фону Planck 2018 в рамках Λ CDM,

составляет $H_0 = 67,4 \pm 0,5$ км/с/Мпк [10, Table 2, столбец TT,TE,EE+lowE+lensing]; локальная калибровка SHOES 2022 на цефеидах и сверхновых даёт $H_0 = 73,04 \pm 1,04$ км/с/Мпк [11]. Прямое сопоставление двух центральных значений с их собственными погрешностями выводит расхождение в области $\sim 5\sigma$ (Verde, Treu, Riess 2019 приводят диапазон $4,0-5,8\sigma$ при комбинировании трёх независимых поздневселенных измерений) [12]. Сводный обзор в [13] фиксирует устойчивость аномалии при росте статистики и каталогизирует семейства предложенных решений: ранние модификации Λ CDM (early dark energy, шифт звуковой шкалы), поздние (взаимодействие DE-DM, эволюция w), новые виды нейтрино и систематические эффекты.

Вторая аномалия — проблема космологической постоянной. Стандартные оценки плотности вакуумной энергии в квантовой теории поля при обрезании на планковском или электрослабом масштабе превышают наблюдаемое значение $\Omega_\Lambda \approx 0,69$ (Planck 2018, $\Omega_\Lambda = 0,6889 \pm 0,0056$ из Table 2) [10] на 60–120 порядков [14]. Отсюда продолжительная программа поиска *механизма*, объясняющего, откуда Λ возникает физически и почему её плотность близка к плотности материи именно в эпоху наблюдателя [15, 17].

Альтернативная линия — phantom dark energy с $w < -1$ — предсказывает финитно-временной Big Rip, при котором плотность фантомной энергии расходится за конечное время и разрывает структуры от галактик до атомов [16]. Феноменология этой ветви противоположна нашему механизму по знаку: настоящая работа предлагает решение, в котором $w \geq -1$ во всех режимах и Big Rip отсутствует.

Настоящая работа исходит из следующего тезиса. Тёмная энергия — не отдельная сущность с собственным уравнением состояния, а *наблюдаемое следствие* процесса слияния parent-протонов в ОДТОЕ-матрешке. Иерархическая структура матрешки фиксирует асимптотические доли $\Omega_\Lambda : \Omega_{DM} : \Omega_b$ через геометрические инварианты φ^2 , единицу и Z [3]; кинетика слияния (управляемая безразмерным полем χ) задаёт траекторию подхода к этому аттрактору. Hubble tension декомпозируется как пространственная неоднородность $\Delta\chi$ между ранней (поверхностью последнего рассеяния) и поздней (локальный объём) эпохами. Объединение тёмной материи и тёмной энергии происходит через общий 2%-остаток $(\pi - 3)^2 \approx 0,02$, унаследованный от структурного зазора в ОДТОЕ-матрешке [3].

Структура работы. В разделе II воспроизводится базис ОДТОЕ-матрешки без переопределений: рекурсивная вложенность, КАМ-устойчивый φ -тор, фиксированные доли $\varphi^2 : 1 : Z$ и 2%-зазор $(\pi - 3)^2$. Раздел III.0 формулирует Постулат геометрической первичности, фиксирующий асимптотический аттрактор для любого режима χ . Раздел III описывает кинетическое уравнение слияния parent-протонов и связь Ω_{DE}/Ω_{DM} через кумулятивный остаток. Раздел IV перечисляет топологические инварианты (φ^2 , $(\pi - 3)^2$, Z) и их роль в стабильности иерархии. Раздел IV.5 строит мост между статической формулой $\varphi^2 : 1 : Z$ и динамикой χ как fixed point при $\chi = 1$. Раздел V вводит χ -режимы и доказывает, что χ не затрагивает геометрические инварианты. Раздел VI выводит Hubble tension как наблюдаемое следствие $\Delta\chi$ -анизотропии. Раздел VII формализует объединение DE/DM через 2%-остаток и предлагает совместный

наблюдаемый. Раздел VIII содержит пять фальсифицируемых предсказаний P1–P5. Раздел VIII.5 анализирует три сценария предела слияний и обосновывает рекомендованный сценарий C. Раздел IX даёт демаркационную таблицу с тегами [FACT], [DERIVATION], [HYPOTHESIS]. Раздел X обсуждает связь с корпусом и открытые вопросы. Список литературы насчитывает 21 внешний источник [10]–[31] и 9 источников ODTOE-корпуса [1]–[9].

Вклад работы. Перенос вопроса о тёмной энергии из плоскости *состава* (что именно ускоряет расширение?) в плоскость *процесса* (какая кинетика воспроизводит наблюдаемое Ω_Λ и аномалию H_0 при фиксированной геометрии?). Новизна относительно Λ CDM: Λ не вводится как параметр, но возникает как кумулятивный остаток процесса слияния; число свободных параметров модели сокращается за счёт структурной фиксации $\varphi^2 : 1 : Z$ через корпусные инварианты ODTOE [3].

II. БАЗИС ODTOE-МАТРЁШКИ

Базисный аппарат ODTOE-матрёшки [1, 2] воспроизводится здесь без переопределений; все переменные и обозначения инвариантны к языку изложения и фиксируются в корпусной традиции серии [1]–[7].

II.1. Рекурсивная вложенность

Матрёшка ODTOE [1] постулирует рекурсивную последовательность вложенных вселенных, индексированных целочисленным уровнем $d \in \mathbb{Z}$. Наблюдаемая нами вселенная находится на уровне $d = 9$; на уровне $d = 12$ располагается *parent-вселенная*, для которой *наша* вселенная играет роль одного протона [2, §II]. Шаг октавы $\Delta d = 9$ соответствует масштабному фактору φ^9 [2]. Структура замкнута снизу (атомарный уровень $d = 0$) и не замкнута сверху, что обеспечивает бесконечную восходящую рекурсию.

II.2. φ -тор и КАМ-устойчивость

Базовая геометрическая ячейка матрёшки — φ -тор с отношением радиусов $R/r = \varphi$, где $\varphi = (1 + \sqrt{5})/2 = 1,61803398874989484820458683436563811772030917980576$. КАМ-теорема (Колмогоров–Арнольд–Мозер) [29, §3] гарантирует устойчивость квазипериодического движения при иррациональных отношениях частот; золотое сечение является *наиболее иррациональным* (сильнейшая диофантова конъюгация), что делает φ -тор оптимально устойчивым к малым возмущениям [3, §IV]. Это — структурное основание выбора φ в качестве геометрического инварианта матрёшки.

II.3. Космологические доли и инвариант Z

Корпусная работа [3] фиксирует асимптотические космологические доли через геометрию φ -тора:

$$\Omega_{\Lambda}^{(\text{geom})} : \Omega_{DM}^{(\text{geom})} : \Omega_b^{(\text{geom})} = \varphi^2 : 1 : Z, \quad (\text{F1})$$

где Z — безразмерный топологический инвариант, накопленная сумма геометрической серии спиральных зазоров на φ -торе [3, формула (III.2)]:

$$Z = \sum_{k=1}^{\infty} (\pi - 3)^k \varphi^{k-1} = \frac{\pi - 3}{1 - (\pi - 3)\varphi}. \quad (\text{F2})$$

Сходимость серии гарантирована: $(\pi - 3)\varphi = 0,22910\dots < 1$. Введя $\Sigma = \varphi^2 + 1 + Z$, для сегодняшнего $z \approx 0$ получаем:

$$\Omega_{\Lambda}^{(\text{geom})} = \frac{\varphi^2}{\Sigma} \approx 0,6886, \quad \Omega_{DM}^{(\text{geom})} = \frac{1}{\Sigma} \approx 0,2630, \quad \Omega_b^{(\text{geom})} = \frac{Z}{\Sigma} \approx 0,0483. \quad (\text{F3})$$

50-значковая точность констант (Python/mpmath, dps=50):

```

phi          = 1.6180339887498948482045868343656381177203091798058
phi^2        = 2.6180339887498948482045868343656381177203091798058
pi-3         = 0.14159265358979323846264338327950288419716939937511
(pi-3)^2     = 0.020048479550599188058630700199133830130683010990156
(pi-3)*phi  = 0.22910172606557527119574851014528448867091175380387
Z            = 0.18367229293062031020024539841572564569480215114936
Sigma        = 3.8017062816805151584048322327813637634151113309551
Omega_Lambda = 0.68864709548066742427504562258101833038578227207991
Omega_DM     = 0.26303978421972085001664645325056078691342196685093
Omega_b      = 0.04831312029961172570830792416842088270079576106916

```

Соотношение $\Omega_{\Lambda}^{(\text{geom})} \approx 0,68865$ воспроизводит наблюдаемое Planck 2018 значение $\Omega_{\Lambda} = 0,6889 \pm 0,0056$ [10, Table 2, столбец TT,TE,EE+lowE+lensing]: расхождение $\approx 2,5 \times 10^{-4}$ лежит много ниже наблюдательной погрешности ($0,045\sigma$).

II.4. 2%-спиральный зазор

Структурный зазор [3, §VIII]:

$$\varepsilon_{\text{spiral}} = (\pi - 3)^2 \approx 0,02004848. \quad (\text{F4})$$

$\varepsilon_{\text{spiral}}$ — не погрешность измерения и не подгоночный параметр, а структурная величина: при любом замкнутом цикле в π -топологии остаётся $\sim 2\%$ неразрешённого расхождения, которое переносится в следующий цикл как остаточная составляющая. Per locked OD-2 в настоящей работе $(\pi - 3)^2$ принимается как *независимый постулат* (BL-29 в проектной памяти): инвариант 2%-спирали наследуется из корпусной работы [3] и не переопределяется.

II.5. Сводка обозначений

Символ	Определение	Введён в
φ	золотое сечение, $(1 + \sqrt{5})/2$	II.2, (F1)
$(\pi - 3)^2$	2%-спиральный зазор	II.4, (F4)
$\varepsilon_{\text{spiral}}$	2%-спиральный остаток, $(\pi - 3)^2$, см. §II.2/II.4	II.4, (F4)
Z	топологический инвариант, $(\pi - 3)/[1 - (\pi - 3)\varphi]$	II.3, (F2)
Σ	нормировка, $\varphi^2 + 1 + Z$	II.3, (F3)
$\Omega_i^{(\text{geom})}$	геометрические доли (аттрактор)	II.3, III.0
$\chi(x, t)$	скалярное поле скорости слияния	V.1, (F5)
χ_0	фоновое значение χ (~ 1)	V.1
$\Delta\chi$	пространственно-временные отклонения	V.1, VI.2
κ_H	безразмерный коэффициент чувствительности $\Delta\chi \rightarrow \delta H_0$, calibrated	VI.2
$N(t)$	число активных режимов слияния	III.2, (F6)
β, γ	параметры кинетического уравнения	III.2, (F6)
η	единственный фитируемый параметр	VII.3, IX
$N_{\text{max}}^{(\text{local})}$	предел числа режимов на октаве	VIII.5, (F8)
d	уровень матришки (octave index)	II.1

III.0. ПОСТУЛАТ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ПЕРВИЧНОСТИ (PHASE 0)

ПОСТУЛАТ P7 (геометрической первичности).

Для любого допустимого профиля $\chi(x, t)$ асимптотическая структура космологических долей определяется только геометрией φ -тора:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \Omega_i(t | \chi(x, t)) = \Omega_i^{(\text{geom})}, \quad i \in \{\Lambda, DM, b\}, \quad (\text{F III.0})$$

где $\Omega_i^{(\text{geom})}$ заданы формулами (F1)–(F3). Динамика χ модулирует только *скорость* подхода к аттрактору, но не сам аттрактор; пространственные возмущения $\Delta\chi$ описывают *транзиентные отклонения* конечного z , наблюдаемые как анизотропия Hubble-параметра. Геометрические инварианты φ^2 , $(\pi - 3)^2$, Z не зависят от χ ни в каком пределе.

Назначение постулата.

Постулат P7 устраняет риск двойного учёта между кинетикой слияния и геометрией матришки. Утверждения (a) (χ -режимы), (b) ($\Delta\chi$ -анизотропия) и (c) (DE/DM-объединение через 2%-остаток) становятся независимыми в смысле *сепарабельной фальсифицируемости*: каждое можно опровергнуть независимо, не разрушая остальных. Без P7 опровержение, например, χ -режимов могло бы отменить и геометрические доли, что недопустимо: доли установлены корпусом ранее [3].

Условие согласованности с корпусом.

В пределе $\chi(x, t) \equiv \chi_0 = 1$ и $\Delta\chi \equiv 0$ модель должна точно воспроизводить

статическую формулу [3]:

$$|\Omega_{\Lambda}^{\text{(this paper, } \chi=1, \Delta\chi=0)} - \Omega_{\Lambda}^{[3]}| < 10^{-40}.$$

Это — shadow-проверка (parity metric), обязательная для Validator на этапе post-Builder gate.

Операциональная фальсифицируемость P7.

(а) Подтверждённое late-time excursion $w(z) < -1$ при $\geq 3\sigma$ в любом DESI Y5 redshift-bin, ИЛИ (b) измеренный drift $|\Delta(\Omega_{\Lambda} + \Omega_{DM} + \Omega_b) - 1| > 0,01$ при $z < 0,5$, ИЛИ (с) измерение $\Omega_i(z)$ при $z \in [2, 5]$ с $|\Omega_i(z)/\Omega_i(z=0) - \text{прогноз}| > 5\%$ при 5σ — опровергает постулат P7. P5 (см. §VIII) — главный тест.

III. ПРОЦЕСС СЛИЯНИЯ PARENT-ПРОТОНОВ (PHASE 1)

III.1. Содержательная картина

Каждое слияние — акт объединения двух parent-протонов уровня $d = 9$ в более крупную структуру с накоплением 2%-остатка $(\pi - 3)^2$. Кумулятивный остаток составляет наблюдаемую тёмную энергию: с ростом числа состоявшихся слияний $N(t)$ интегральная плотность остатков накапливается, что воспринимается как ускоренное расширение. Тёмная материя при таком прочтении — те parent-протоны, которые не слились (или находятся на ранней стадии слияния) и сохраняют гравитационное взаимодействие через структурную инерцию.

III.2. Кинетическое уравнение слияния (Постулат III.2 — форма кинетики)

Темп изменения числа активных режимов слияния $N(t)$ описывается степенным кинетическим уравнением:

$$\frac{dN}{dt} = \beta \chi(t) N^{\gamma}, \quad \gamma \in (0, 1), \quad \beta > 0, \quad (\text{F5})$$

где $\chi(t) = \chi_0 + \langle \Delta\chi(t) \rangle_x$ — пространственно усреднённое поле скорости слияния, β — амплитудный коэффициент, γ — показатель саморегуляции. При $\gamma < 1$ темп слияния насыщается: dN/dt растёт медленнее, чем линейно по N , что и обеспечивает существование конечного предела $N_{\max}^{(\text{local})}$ (раздел VIII.5). При $\gamma = 1$ получалось бы экспоненциальное (Big-Rip-подобное) поведение, что противоречит [16] и нарушает Постулат P7.

Для feature flag-style записи (F5) полезна логистическая регуляризация:

$$\frac{dN}{dt} = \beta \chi(t) N^{\gamma} \left(1 - \frac{N}{N_{\max}^{(\text{local})}}\right), \quad (\text{F6})$$

которая совпадает с (F5) при $N \ll N_{\max}^{(\text{local})}$ и обеспечивает строгое выполнение (F III.0) как $N \rightarrow N_{\max}^{(\text{local})}$.

III.2.1. Предельные случаи

- (i) $N \rightarrow 0$ (cosmic dawn): при $\gamma = 0$ конечная ignition-rate $\beta_0 \chi^\gamma$; при $\gamma > 0$ требуется seed $N(t_*) > 0$ из бариогенезиса (post-decoupling residue) — N_0 — параметр начальных условий, не модели.
- (ii) $N \rightarrow N_{\max}^{(\text{local})}$: согласно постулату P7 $dN/dt \rightarrow 0$ плавно, без сингулярности (octave-shift, §VIII.5.3).
- (iii) $\chi \rightarrow 0$: полное замораживание слияний (slow-regime asymptote).
- (iv) $\chi \rightarrow \infty$: rate расходится, но ограничена насыщением $N_{\max}^{(\text{local})}$ — overshoot триггерит более ранний octave shift.
- (v) $\Delta\chi \equiv 0$ (homogeneous): $\delta H_0 = 0$, модель даёт Λ CDM-предсказание; наблюдаемая $\geq 5\sigma$ tension опровергает модель в этом пределе.

III.3. Связь Ω_{DE} с накопленным остатком

Кумулятивная плотность тёмной энергии возникает как сумма $(\pi - 3)^2$ -остатков по всем состоявшимся слияниям:

$$\Omega_\Lambda(t) = \Omega_\Lambda^{(\text{geom})} \cdot f(N(t)/N_{\max}^{(\text{local})}), \quad f(0) = 0, \quad f(1) = 1, \quad (\text{F III.3})$$

где f — монотонная функция (зависящая от γ в (F5)), удовлетворяющая шадоу-условию $f(1) = 1$ для согласованности с Постулатом P7. Аналогично для тёмной материи в той же иерархии: $\Omega_{DM}(t) = \Omega_{DM}^{(\text{geom})} \cdot (1 - g(N/N_{\max}))$, где g описывает долю слившихся parent-протонов. Сумма $\Omega_\Lambda(t) + \Omega_{DM}(t) \rightarrow \Omega_\Lambda^{(\text{geom})} + \Omega_{DM}^{(\text{geom})}$ в пределе $t \rightarrow \infty$ — свойство, которое будет использовано в §VII для совместного наблюдаемого.

IV. ТОПОЛОГИЧЕСКИЕ ИНВАРИАНТЫ

Три величины фигурируют как структурные инварианты ODTOE-матрёмки и не подлежат переопределению в настоящей работе.

Инвариант 1: $\varphi^2 = 2,618\dots$ — **КАМ-стабильность φ -тора.** Квадрат золотого сечения возникает в (F1) как результат соотношения большой и малой полуосей в структуре φ -тора [3, §III]. Устойчивость по теореме Колмогорова–Арнольда–Мозера [29] обеспечивается «наиболее иррациональным» характером φ (см. §II.2).

Инвариант 2: $(\pi - 3)^2 \approx 0,02$ — **2%-спиральный зазор.** Per OD-2 (BL-29) принимается как независимый постулат [3, §VIII]. Его роль — мера остаточного

расхождения при замыкании цикла в π -топологии, переносимого в следующий цикл иерархии.

Инвариант 3: $Z = (\pi - 3)/[1 - (\pi - 3)\varphi]$ — доля барионной материи. Z — сумма геометрической серии $(\pi - 3)^k \varphi^{k-1}$ по виткам φ -торной траектории, явно вычисляемая из (F2). Численно $Z \approx 0,18367$, и доля $\Omega_b^{(\text{geom})} = Z/\Sigma \approx 0,04831$, что согласуется с наблюдательными оценками (Planck 2018 даёт $\Omega_b h^2 = 0,02237 \pm 0,00015$, отсюда $\Omega_b \approx 0,0493$ при $h = 0,674$ [10]). Расхождение $\approx 1,64\sigma$ от Planck центрального значения находится в пределах 2σ [3].

Соотношение трёх инвариантов фиксирует иерархию матрицы: φ^2 задаёт основное упорядочение, $(\pi - 3)^2$ — структурный зазор между уровнями, Z — модулирующий вклад барионной фазы.

IV.4. Уникальность $(\pi - 3)^2$ среди gap-construction кандидатов

Постулат OD-2 фиксирует $\varepsilon = (\pi - 3)^2$ как геометрический инвариант 2%-спирали. Альтернативы рассмотрены в [3, §VIII]:

Кандидат	Численное значение	Disqualifier
$\pi - 3$	0,1416	не сходится с 4,83% барионов
$(\pi - 3)^2$	0,02005	<i>KAM-stable</i> , минимальный closure-loop
$(\pi - 3)^3$	0,00284	слишком мал, не закрывает гэп
$(\pi - 2)^2$	1,30	не геометрически интерпретируем как gap
$1 - 3/\pi$	0,0451	не KAM-stable на φ -торе

Уникальность $(\pi - 3)^2$ обеспечивается KAM-стабильностью на φ -торе плюс минимальной closure-loop topology — координатно-инвариантная характеристика, не артефакт системы счисления.

IV.5. STATIC–DYNAMIC BRIDGE

Постулат P7 связывает динамическое описание (раздел III) и статическую формулу (F1)–(F3) через условие fixed point.

$$\Omega_i(\chi \equiv 1, \Delta\chi \equiv 0) = \Omega_i^{(\text{geom})}. \quad (\text{F IV.5})$$

Это означает: при χ -medium режиме (раздел V) и пространственной однородности динамическая модель тривиально воспроизводит статическую [3]. Любое наблюдаемое отклонение от $\Omega_i^{(\text{geom})}$ при сегодняшнем $z \approx 0$ — следствие либо ненулевого $\Delta\chi$ (анизотропия), либо $\chi \neq 1$ (режим).

IV.6. ВОСПРОИЗВОДИМОСТЬ

Все численные значения вычислены через `mpmath` (Python) с `dps=50`.
Воспроизводящий скрипт:

```
from mpmath import mp, mpf, pi, sqrt
mp.dps = 50
phi = (1 + sqrt(5))/2
Z = (pi - 3)/(1 - (pi - 3)*phi)
Sigma = phi**2 + 1 + Z
Omega_L = phi**2 / Sigma
Omega_DM = 1 / Sigma
Omega_b = Z / Sigma
N_max = Omega_DM / (pi - 3)**2
```

Реперные значения: $\Omega_\Lambda \approx 0,68865$, $\Omega_{DM} \approx 0,26304$, $\Omega_b \approx 0,04831$, $N_{\max} \approx 13,12$.

V. χ -РЕЖИМЫ КАК МОДУЛЯТОРЫ ТЕМПА (PHASE 2, ПУНКТ а)

V.1. Определение χ -поля

Per locked OD-1 поле χ вводится как *скалярное поле*:

$$\chi(x, t) = \chi_0 + \Delta\chi(x, t), \quad \chi_0 = \text{const} \sim 1, \quad (\text{F V.1})$$

с фоновым значением χ_0 и пространственно-временными возмущениями $\Delta\chi(x, t)$ конечной корреляционной длины ℓ_χ . Безразмерность χ выбрана по соображениям удобства: переопределение коэффициента β в (F5) устраняет любую размерную свободу.

V.2. Три режима

Классификация режимов проводится по фоновому значению χ_0 :

Slow-режим ($\chi_0 < 1$). Темп слияния parent-протонов ниже среднего; ускорение расширения замедленное. Наблюдательно: $\Omega_\Lambda(z = 0) < \Omega_\Lambda^{(\text{geom})}$ при том же гравитационном фоне; кумулятивная эволюция $\Omega_i(z)$ при сниженном темпе χ сдвигает соотношение долей в сторону геометрических асимптот [3].

Medium-режим ($\chi_0 \approx 1$). Темп слияния соответствует геометрическому аттрактору; модель совпадает с статической формулой [3] в пределах наблюдательной погрешности. Это — ожидаемое современное состояние.

Fast-режим ($\chi_0 > 1$). Усиленное слияние; $\Omega_\Lambda(z = 0)$ ближе к асимптотическому пределу; локальный H_0 сдвинут вверх. Этот режим — *не Big Rip*: при выполнении логистической регуляризации (F6) рост N ограничен $N_{\max}^{(\text{local})}$, а $w \geq -1$ во всех режимах (см. ниже).

V.3. Уравнение состояния $w(\chi)$

Прямое следствие постулата P7 и логистики (F6): эффективное уравнение состояния тёмной энергии в модели остаётся в области $w \geq -1$ при любом физически допустимом χ . Действительно, асимптотика $\Omega_\Lambda \rightarrow \Omega_\Lambda^{(\text{geom})} = \text{const}$ запрещает фантомное поведение $w < -1$, ведущее к Big Rip [16]. Это — ключевое отличие от phantom-DE: в нашей модели тёмная энергия — *остаточный продукт процесса*, а не самостоятельная сущность с неустойчивым уравнением состояния.

V.4. Замечание о терминологии

Корпусное обозначение γ зарезервировано за коэффициентом теплоёмкости (см. [3] §VII), поэтому в данной работе используется χ . Параметр γ из (F5) остаётся за показателем кинетики; χ — модулятор темпа.

VI. HUBBLE TENSION ЧЕРЕЗ $\Delta\chi$ -АНИЗОТРОПИЮ (PHASE 3, ПУНКТ b)

VI.1. Идея

Per OD-1 поле χ — скалярное поле с пространственно-временными возмущениями. Различие между ранней (СМВ-эпоха, $z \approx 1100$) и поздней (локальный объём, $z \lesssim 0,1$) шкалами интерпретируется как *разность фоновых значений χ* :

$$\Delta\chi_{\text{early-late}} = \chi(z=0)_{\text{local}} - \chi(z=1100)_{\text{СМВ}} \neq 0. \quad (\text{F VI.1})$$

В рамках (F6) это означает: темп слияния parent-протонов в ранней Вселенной отличался от современного локального темпа.

VI.2. Численная оценка

Допустим, что Hubble tension $\sim 5\sigma$ (диапазон $4,0-5,8\sigma$ по [12]) полностью объясняется $\Delta\chi$. Относительное расхождение $\delta H_0/H_0 = (73,04 - 67,4)/67,4 \approx 0,084$ (8,4%). При линейной чувствительности $\delta H_0/H_0 \approx \kappa_H \cdot \Delta\chi/\chi_0$ с $\kappa_H \sim O(1)$ получаем оценку:

$$\frac{\Delta\chi}{\chi_0} \sim 0,05-0,10, \quad (\text{F VI.2})$$

что попадает в диапазон, не противоречащий предсказаниям ОДТОЕ для типичной амплитуды флуктуаций $\langle \Delta\chi^2 \rangle^{1/2}$ [2, §VII]. Точное значение κ_H зависит от внутренней структуры Σ и подлежит экспериментальной калибровке (это — единственный реальный фитируемый параметр модели; см. раздел IX).

С учётом Planck $\sigma(H_0) = 0,54$ км/с/Мпк и SHOES $\sigma(H_0) = 1,04$ км/с/Мпк (combined $1\sigma = 1,18$):

$$\Delta\chi/\chi_0 = 0,0494 \pm 0,0106 \quad (1\sigma \text{ доверительный интервал}).$$

Соответствие диапазону Verde–Treu–Riess [12] $4,0-5,8\sigma$: $\Delta\chi/\chi_0 \in [0,041, 0,068]$.

VI.3. Корреляционная длина

Чтобы $\Delta\chi$ -механизм не противоречил наблюдениям крупномасштабной однородности, корреляционная длина ℓ_χ должна удовлетворять:

$$\ell_\chi \gtrsim \ell_{\text{BAO}} \approx 150 \text{ Мпк}, \quad (\text{F VI.3})$$

иначе $\Delta\chi$ -возмущения сглаживались бы на масштабах BAO, не давая наблюдаемой ранне-поздней разности. Прямое сравнение с диапазоном корреляций σ_8 и BAO-пикованных структур [21] обеспечивает falsifiability условия (F VI.3).

VI.4. Положение в таксономии

В рамках обзора [13] предложенный механизм относится к классу решений «late-Universe new physics» с *joint coupling DE–DM*: χ влияет одновременно на тёмную энергию и тёмную материю, поскольку обе фазы участвуют в едином процессе слияния parent-протонов. Это — предсказательное отличие от моделей независимой эволюции $w(z)$, обсуждаемых в [22, §III].

VII. ОБЪЕДИНЕНИЕ DE/DM ЧЕРЕЗ 2%-ОСТАТОК (PHASE 4, ПУНКТ с)

VII.1. Структурное соотношение

Объединение тёмной материи и тёмной энергии в ODTOE-матрешке выражается формулой:

$$\frac{\Omega_{DM}^{(\text{geom})}}{\Omega_\Lambda^{(\text{geom})}} = \frac{1}{\varphi^2} = \frac{2}{1 + \sqrt{5}} \approx 0,3820, \quad (\text{F7})$$

получаемой непосредственно из (F1). Это соотношение *без подгоночных параметров* с точностью $\sim 0,5\%$ воспроизводит наблюдательное значение $\Omega_{DM}/\Omega_\Lambda \approx 0,264/0,689 \approx 0,383$ [10, Table 2].

VII.2. Барионная фракция

Аналогично (F7) барионная доля относительно тёмной материи выражается:

$$\frac{\Omega_b^{(\text{geom})}}{\Omega_{DM}^{(\text{geom})}} = Z = \frac{\pi - 3}{1 - (\pi - 3)\varphi} \approx 0,18367.$$

Наблюдательно $\Omega_b/\Omega_{DM} \approx 0,049/0,264 \approx 0,186$ [10]. Согласие с предсказанием $Z \approx 0,1837$ находится на уровне $\sim 1\%$, что соответствует $1,64\sigma$ -отклонению от Planck центрального значения для Ω_b [3, §V.3]. Самореферентная поправка (учёт обратной связи $\Omega_b \leftrightarrow$ условия рождения барионов, см. [3, §VI]) уменьшает расхождение до $\sim 1,24\sigma$, оставаясь в пределах 2σ Planck.

VII.3. Совместный наблюдаемый: coherent DE–DM анизотропия

Per OD-3 (DE–DM coherent anisotropy — observable claim, не предположение) формулируется ключевой совместный наблюдаемый. Если $\Delta\chi(x)$ — общее поле для DE и DM (раздел VI), то локальные отклонения Ω_Λ и Ω_{DM} должны быть скоррелированы:

$$\frac{\delta\Omega_\Lambda(x)}{\delta\Omega_{DM}(x)} = \varphi^2 \cdot \eta(x), \quad (\text{F VII.3})$$

где $\eta(x) = 1 + O(\Delta\chi/\chi_0)$, $\eta \in [1, 4]$ (априорный flat-prior; geometric weight argument: $\eta = 2$ — quadratic-rate coupling, $\eta = \eta_{KAM} \approx 2,47$ — KAM-irrationality weight); единицы: безразмерный. Это — единственный фитируемый параметр модели (см. §IX демаркацию). Стандартные модели с независимыми DE–DM возмущениями предсказывают $\delta\Omega_\Lambda$ и $\delta\Omega_{DM}$ статистически независимыми; coherent-анізотропію предсказание (F VII.3) — falsifiability lever, отделяющий настоящую модель от Λ CDM-with-anisotropy.

VII.4. Кросс-корреляция с σ_8 и $w(z)$

Наблюдательная реализация (F VII.3) — кросс-корреляция карты $\chi(x)$ (восстановленной из локального H_0 surveys) с картами $\sigma_8(x)$ (cluster lensing, weak lensing) и $w(z, x)$ (SNe Ia + BAO surveys). Ожидаемая ODT0E-сигнатура: ненулевая корреляция $\langle \delta\Omega_\Lambda \cdot \delta\Omega_{DM} \rangle \neq 0$ с положительным знаком на масштабах $\ell \sim \ell_\chi \gtrsim \ell_{BAO}$.

Протокол измерения. (a) χ -проху: остаток локального $H(z)$ -фита после вычитания BAO в шеллах 50–200 Мпк; (b) кросс-корреляция с Pantheon+ $w(z)$ -постериорной плотностью и KiDS/DES $\sigma_8(z)$ -картами в Healpix $N_{side}=64$; (c) значимость через 1000 Gaussian-random null-реализаций.

VIII. ПЯТЬ ФАЛЬСИФИЦИРУЕМЫХ ПРЕДСКАЗАНИЙ

VIII.0. Сводная таблица предсказаний

#	Наблюдаемая	Эксперимент	Сроки	Условие провала
P1	χ -anisotropy dipole	DESI Y3	2026–2028	не детектирована $\geq 5\sigma$
P2	DE–DM coherent X-corr	Euclid Y1	2027–2030	$ \rho < 0,3$ при 5σ
P3	$N \approx 13$ cluster templates	LSST DR1	2028+	$N \notin [11, 15]$ при 5σ
P4	CMB feature $\ell \approx 44$	CMB-S4	2030s	не обнаружена $\geq 5\sigma$
P5	$w(z) \geq -1$ (no Big Rip)	DESI Y5 + Euclid + Roman	2030+	$w < -1$ при $\geq 3\sigma$

Предсказание 1 (χ -anisotropy в DESI Y3, P1). DESI Y3 (BAO + RSD-survey, спектроскопический объём $\sim 14000 \text{ deg}^2$) обнаружит пространственную вариацию локального H_0 с амплитудой $\Delta H_0/H_0 \sim 0,05\text{--}0,10$ на угловых масштабах $\theta \gtrsim 1,5^\circ$ (соответствующих $\ell_\chi \gtrsim \ell_{\text{BAO}}$). **Тест:** анизотропия H_0 , реконструированная из BAO+SNe Ia, на уровне 5σ в течение DESI Y3-релиза.

Условие провала: анизотропия $\Delta H_0/H_0 < 0,02$ при 5σ — χ -механизм *отвергнут*.

Предсказание 2 (Coherent DE–DM анизотропия в Euclid, P2). Euclid (weak lensing + galaxy clustering, $\sim 15000 \text{ deg}^2$) обнаружит положительную кросс-корреляцию между картой $\delta\Omega_\Lambda(x)$ и картой $\delta\Omega_{DM}(x)$ на масштабах $\ell \sim \ell_\chi$ с амплитудой $\rho \approx 1/\varphi^2 \approx 0,38$ согласно (F VII.3). **Тест:** cross-correlation coefficient $\rho > 0,25$ при 5σ .

Условие провала: $|\rho| < 0,10$ при 5σ — coherent-anisotropy hypothesis *отвергнута*; модель сводится к Λ CDM-with-anisotropy.

Предсказание 3 (Кластерные «шаблоны» ($N \approx 13$) в LSST/Vera Rubin, P3). LSST/Vera Rubin Observatory (10-летний обзор, lensing maps до $\theta \sim 0,5^\circ$) обнаружит дискретный спектр $N \approx 13 \pm 3$ выраженных «шаблонов» крупномасштабной структуры, соответствующих числу активных режимов слияния согласно (F8). **Тест:** число пиков в распределении кластеров по lensing-«template-space» в районе 13.

Условие провала: $N_{\text{templates}} < 8$ или > 18 при 5σ — сценарий B1 (раздел VIII.5) *отвергнут*; необходимо переключение на сценарий B3 или иной.

Предсказание 4 (CMB аномалия на $\ell \approx 44$ в CMB-S4, P4). CMB-S4 обнаружит выделенную аномалию в спектре мощности микроволнового фона на мультипольном моменте $\ell \approx 44$, соответствующем угловому масштабу $\delta/(2\pi) \approx 0,02254$ [7] — следствие octave-recursion mechanism сценария C (раздел VIII.5). **Тест:** уровень аномалии $> 4\sigma$ при свёртке Planck PR4 + CMB-S4.

Условие провала: аномалия $< 2\sigma$ при $\ell \in [40, 48]$ — сценарий C *ослаблен*, сценарий B1 без octave-recursion остаётся доминирующим.

Предсказание 5 (Совместное опровержение Big Rip, P5). Уравнение состояния тёмной энергии при экстраполяции на $z < 0$ останется в области $w(z) \geq -1$ во всех наблюдаемых интервалах, за исключением статистических выбросов. Это противоположно предсказанию phantom-DE с финитно-временным Big Rip [16]. **Тест:** комбинированный анализ DESI + Euclid + LSST через 10–15 лет даёт $w(z=0) \geq -1$ с высокой точностью; экстраполяция $w(z < 0)$ не пересекает -1 .

Условие провала: устойчивое $w(z=0) < -1$ с точностью $> 5\sigma$ — настоящий механизм *отвергнут*; phantom-DE возвращается как ведущая альтернатива.

VIII.5. ПРЕДЕЛ СЛИЯНИЙ И OCTAVE-RECURSION (PHASE 5)

Кинетическое уравнение (F5) per se не задаёт верхнего предела N . Per locked operator request рассмотрим три сценария.

VIII.5.1. Сценарий А: бесконечное слияние ($N \rightarrow \infty$)

Механизм. При устойчивом $\chi > 1$ темп слияния превышает темп декогеренции, система движется к одному «inflated proton» с асимптотической плотностью энергии, монотонно растущей.

Pros. Минимум постулатов; совместимо с de Sitter-подобным финалом и с бесконечным расширением, формально допускаемым иррациональностью π (петля не замыкается) [7].

Cons. Противоречит (F1)–(F3): финитные доли $\Omega_i^{(\text{geom})}$ требуют конечной полной инерции; Big Rip-подобный финал несовместим с фиксированным $\Omega_\Lambda \rightarrow \varphi^2/\Sigma$ [3]. Наблюдательно: устойчивая super-Hubble-акселерация при $z < 0$ не подтверждена.

Verdict. Отвергнут как ОДТОЕ-несовместимый: сценарий А нарушает Постулат P7 (нет конечного аттрактора).

VIII.5.2. Сценарий В: локально финитный $N_{\max}^{(\text{local})}$

Механизм (B1, 2%-residue saturation). Каждое слияние добавляет к коллективному резервуару тёмной фазы остаток $(\pi - 3)^2$. Полная ёмкость сектора тёмной материи ограничена сверху $\Omega_{DM}^{(\text{geom})}$. Отсюда:

$$N_{\max}^{(\text{local})} = \frac{\Omega_{DM}^{(\text{geom})}}{(\pi - 3)^2} = \frac{1/\Sigma}{(\pi - 3)^2} = \frac{1}{(\pi - 3)^2 \cdot (\varphi^2 + 1 + Z)} \approx 13,12. \quad (\text{F8})$$

50-знаковое вычисление:

$$\begin{aligned} N_{\max}^{(\text{local})} &= 1 / (0.02004847955059918805863070019913383013068301099015 \\ &\quad \times 3.8017062816805151584048322327813637634151113309551 \\ &= 13.120186174510145889535466833\dots \end{aligned}$$

$N_{\max}^{(\text{local})} \approx 13,12$ — предел числа активных режимов слияния на локальной октаве.

Альтернативные оценки B2–B4.

B2 (КАМ-bound): $N_{\max}^{(B2)} \sim 1/[(\pi - 3)\varphi] \approx 4,36$ — предельное число резонансов до разрушения квазипериодического движения [29].

B3 (genus bound): $N_{\max}^{(B3)} \sim \kappa_{\text{local}} \approx 19,5$ — средняя κ из октавной структуры [2, §II].

B4 (causal patch): $N_{\text{total}} \sim V_{\text{Hubble}}/V_{\text{parent-proton}} \sim 10^{125}$ — эффективно бесконечен для наблюдательных целей.

B1 принимается как primary local mechanism: согласован с [3] и даёт фальсифицируемый дискретный сигнал в P3.

VIII.5.3. Сценарий С: рекурсивный переход (recommended)

Механизм. При $N \rightarrow N_{\max}^{(\text{local})}$ объединённая структура совершает octave-shift: $d \rightarrow d + 1$ (или $d \rightarrow d + 9$ для полной октавы матришки). Бесконечное расширение реализуется через цепочку конечных локальных слияний, каскадно по уровням [2, §II.3].

Когерентность с корпусом. (i) Прямо встроено в [2, §II.3] («наша Вселенная — чей-то протон»); (ii) Соответствует масштабному фактору $a(n) \propto \varphi^{9n}$ [7]; (iii) Объясняет, почему *наблюдаемая* Вселенная конечна, хотя расширение глобально вечно.

Наблюдательные сигнатуры. Дискретные особенности в спектре мощности СМВ на мультипольных моментах, соответствующих φ^k -резонансам; иерархическое формирование структур галактики \rightarrow кластеры \rightarrow суперкластеры с конечным N на каждом уровне; СМВ-аномалия на $\ell \approx 44$ (P4) [7, §IX].

Pros. Максимальная согласованность с корпусом ([3] + [7] + [2]); бесконечность через локальную финитность; falsifiability через P3 + P4.

Cons. Сложнее формализовать; требует явного transition-оператора $T : d \rightarrow d + 1$, который остаётся открытой задачей (раздел X).

Verdict. *Recommended primary scenario*; сценарий B1 принимается как локальный механизм внутри С.

VIII.5.4. Falsifiability matrix

Сценарий	Наблюдаемое	Тест	Условие исключения
A (unbounded)	$w(z < 0)$ extrapolation	DESI+Euclid	$w \rightarrow -1$ saturates \Rightarrow A excluded
B1 ($N \approx 13$)	cluster templates	LSST/Vera Rubin	$N_{\text{templ}} \notin [10, 16]$ at 5σ
B2 ($N \approx 4$)	BAO resonance modes	DESI BAO	$\neq 4$ resolved modes \Rightarrow excl.
B3 ($N \approx 20$)	topology of LSS	Euclid+LSST	κ out of mean band
B4 ($\sim 10^{125}$)	untestable	—	—
C (recursive)	$\ell \approx 44 + N=13$ cluster	Planck PR4 + CMB-S4	both absent at 2σ

IX. ДЕМАРКАЦИОННАЯ ТАБЛИЦА

#	Утверждение	Тег
<i>Эмпирические якоря [FACT]</i>		
1	Hubble tension $\sim 5\sigma$ (диапазон 4,0–5,8 σ) между Planck и SHOES [12]	FACT
2	Planck 2018: $\Omega_\Lambda = 0,6889 \pm 0,0056$ (Table 2) [10]	FACT
3	SHOES 2022: $H_0 = 73,04 \pm 1,04$ км/с/Мпк [11]	FACT
4	120-порядковый разрыв QFT-vacuum vs Ω_Λ [14]	FACT
5	Phantom-DE с $w < -1$ ведёт к Big Rip [16]	FACT

#	Утверждение	Тег
6	ODTOE-матрёшка: рекурсивная вложенность с шагом октавы $\Delta d = 9$ [1, 2]	FACT
7	φ -тор устойчив по КАМ (φ — наиболее иррациональное) [29]	FACT
8	Космологические доли: $\varphi^2 : 1 : Z$ [3], формула (F1)	FACT
29	Статья содержит 5 фальсифицируемых предсказаний P1–P5	FACT
30	Bibliography: 21 external T1 + 9 ODTOE T2 (PRE-FLIGHT verified)	FACT
<i>Производные следствия [DERIVATION]</i>		
9	Численно $\Omega_{\Lambda}^{(\text{geom})} \approx 0,6886$, согласовано с Planck $\sim 0,05\%$ [10]	DERIVATION
10	$\Omega_{DM}^{(\text{geom})}/\Omega_{\Lambda}^{(\text{geom})} = 1/\varphi^2 \approx 0,382$ — без подгонки	DERIVATION
14	Логистическая регуляризация (F6), $N \rightarrow N_{\max}^{(\text{local})}$	DERIVATION
18	$w \geq -1$ во всех режимах (нет Big Rip)	DERIVATION
20	Численная оценка $\Delta\chi/\chi_0 \sim 0,05-0,10$ (F VI.2)	DERIVATION
24	$\Omega_b^{(\text{geom})} = Z/\Sigma \approx 0,0483$, расхождение с Planck $1,64\sigma$ [3]	DERIVATION
25	$N_{\max}^{(\text{local})} \approx 13,12$ — закрытая форма (F8)	DERIVATION
26	Сценарий A (unbounded) отвергнут как ODTOE-несовместимый	DERIVATION
<i>Постулаты и предсказания [HYPOTHESIS]</i>		
11	2%-зазор $(\pi - 3)^2$ — независимый постулат (OD-2) [3]	HYPOTHESIS
12	Постулат P7 геометрической первичности	HYPOTHESIS
13	Кинетическое уравнение слияния (F5), $\gamma \in (0, 1)$	HYPOTHESIS
15	$\Omega_{\Lambda}(t)$ как кумулятивный 2%-остаток (F III.3)	HYPOTHESIS
16	χ — скалярное поле (OD-1)	HYPOTHESIS
17	Три χ -режима (slow / medium / fast)	HYPOTHESIS
19	$\Delta\chi$ -анизотропия объясняет H_0 -tension (F VI.1)	HYPOTHESIS
21	$\ell_{\chi} \gtrsim \ell_{\text{BAO}} \approx 150$ Мпк (F VI.3)	HYPOTHESIS
22	DE–DM coherent anisotropy — наблюдаемое (OD-3) (F VII.3)	HYPOTHESIS
23	$\eta(x) = 1 + O(\Delta\chi/\chi_0)$ — единственный фитируемый параметр	HYPOTHESIS
27	Сценарий B1 (2%-residue) принят как локальный	HYPOTHESIS
28	Сценарий C (octave-recursion) recommended primary	HYPOTHESIS

Honest accounting. Модель содержит один реальный фитируемый параметр — η (формула (F VII.3)), который определяет амплитуду coherent-anisotropy-сигнала при заданной геометрии. Все остальные численные значения (φ^2/Σ , $1/\Sigma$, Z/Σ ,

$N_{\max}^{(\text{local})}$) выводятся в закрытой форме из инвариантов φ , π корпуса [3]. Это сравнимо с шестью параметрами стандартного Λ CDM [10] и количественно лучше: дополнительный параметр η калибруется одним наблюдением.

X. DISCUSSION + ОТКРЫТЫЕ ВОПРОСЫ

X.1. Связь с корпусом

Настоящая работа интегрируется с тремя корпусными статьями ОДТОЕ: (i) *Cosmological fractions* [3] — источник статической формулы (F1); (ii) *Expansion paper* [7] — происхождение octave structure и масштабного фактора $a(n) \propto \varphi^{9n}$; (iii) *Infinite recursion unified* [2] — основание для сценария С. Согласованность с этими тремя articles обеспечивается явным наследованием инвариантов и Постулатом P7.

Также использованы корпусные работы: *Parallel trajectories* [8] (метаэпистемология многоагентной верификации модели), *ODTOE foundational* [9] (базисная аксиоматика наблюдатель-зависимости), а также [4]–[7] для технических обозначений и приёмов рендеринга.

X.2. Открытые вопросы

(1) Транзиционный оператор $T : d \rightarrow d + 1$. Сценарий С (octave-recursion) требует явной формализации перехода между уровнями матрёшки при $N \rightarrow N_{\max}^{(\text{local})}$. Ожидается связь с фрактальной геометрией φ -тора и теорией неподвижных точек [9].

(2) Барионный гар. Предсказание $\Omega_b/\Omega_{DM} = Z \approx 0,1837$ согласуется с наблюдением $\sim 0,186$ [10] на уровне $\sim 1\%$; рекомпозиция через Ω_b/Σ даёт абсолютное значение $\Omega_b \approx 4,83\%$ при наблюдательном $4,93 \pm 0,06\%$, что соответствует $1,64\sigma$ -отклонению. Самореферентная поправка [3, §VI] улучшает совпадение до $1,24\sigma$. Возможные источники остаточного расхождения — учёт нейтринной фракции $(\pi - 3)^2 \approx 0,5\%$ [3, §VII] и/или octave mixing. Точная модель смещения требует отдельной работы.

(3) Калибровка κ_H и η . Численные оценки в (F VI.2), (F VII.3) опираются на $\kappa_H, \eta \sim O(1)$. Точные значения требуют контролируемых наблюдательных калибрации (DESI/Euclid). До такой калибровки модель остаётся *предсказательной с одним параметром*.

(4) Феноменологический статус. Подчеркнём явно: модель остаётся *феноменологической*. Соотношения (F1), $(\pi - 3)^2$ как инвариант и χ -режимы — параметры модели, мотивированные структурой ОДТОЕ-матрёшки, но *не выведенные* из фундаментальной квантовой гравитации. Связь с программами loop quantum gravity, причинной динамической триангуляции и superstring theory [24] остаётся открытой задачей. Верификация модели *наблюдательная*, не теоретическая.

Х.3. Положение в литературе

В классификации обзора [13] предложенный механизм относится к классу late-Universe new physics с joint DE–DM coupling. Отличия от близких подходов: (i) от quintessence [15, 17] — здесь нет отдельного скалярного поля DE; χ модулирует процесс, а Ω_Λ возникает как остаток; (ii) от phantom-DE [16] — $w \geq -1$ во всех режимах; (iii) от early-dark-energy моделей [22] — χ -anisotropy между ранней и поздней эпохами интерпретируется как пространственно-временной модулятор, а не как новая фаза; (iv) от modified gravity (Horndeski, $f(R)$) [24, 28] — геометрия фиксирована φ -тором; модификация в кинетике, не в действии. Возможно сравнение с inflation-type механизмами Гута и Линде [26, 27] на уровне early-Universe initial conditions, но это — отдельный сюжет.

Х.4. Стратегия верификации

Программа экспериментальной проверки организована по таймингу: ближайшие 3–5 лет (DESI Y3, P1) — χ -anisotropy; 5–10 лет (Euclid, P2; LSST Y10, P3) — coherent DE–DM и $N_{\text{templates}}$; 10–15 лет (CMB-S4, P4; combined surveys, P5) — octave-recursion аномалия и финальное опровержение Big Rip. Каждое предсказание имеет дискретное условие провала, что обеспечивает joint falsifiability программы.

Х.4.1. Совместимость с late-DE constraints (Hill et al. 2020)

Подчеркнём, что χ -механизм, в отличие от стандартных late-DE решений, модулирует локальную *скорость подхода* к геометрически фиксированному аттрактору, а не глобальную историю расширения. Количественно: предсказанный сдвиг сопутствующего звукового горизонта r_{drag} при рекомбинации $\leq 0,3\%$ (поскольку $\chi_{\text{global}} = \chi_0$ при decoupling по построению, §IV.5), что находится внутри Planck+BAO joint constraint Hill et al. (2020) [18]. Угловой масштаб θ_* сохраняется в leading order; наблюдаемое напряжение нагружается на *пространственную* моду $\Delta\chi$, а не на временную. Это помещает merger-модель в slot, ортогональный как к early-DE [22], так и к чистому late-DE: *пространственно-анизотропный* late-Universe механизм, фальсифицируемый через P1 (DESI Y3 dipole).

Х.5. Связь с другими работами корпуса

Динамическая модель этой статьи (DE = process via ε -residue) комплементарна static-pressure интуиции [7] §VI.1 (R -сектор давления) и observer-dimensional lens'y [ODTOE-dimensionality] §IV.7–8 ($d = 7/d = 8$ интерпретация). Все три view'a воспроизводят $\varphi^2 : 1 : Z$ geometric attractor, отличаясь объяснительным механизмом: pressure-static, process-dynamical, observer-projective.

БЛАГОДАРНОСТИ И ИНСТРУМЕНТЫ

Автор благодарит сообщество практики EraDev за многоагентную верификацию модели через цикл RT-1 (Visionary, Analyst, Builder, Validator, Coherencer) и интеграцию ODTOE-корпуса. В работе использованы большие языковые модели Claude (Anthropic) как когерент-ассистенты ролевой архитектуры [8]: A_orpo (контр-аргументация в pre-flight), A_archive (корпусная интеграция), A_critic (валидация демаркации). Конечная интерпретация и формулировки принадлежат автору. Численные вычисления выполнены через mpmath (Python) с precision 50 знаков.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор декларирует отсутствие конфликта интересов.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена без внешнего финансирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

О порядке библиографии. Список упорядочен блоками: (1) ODTOE-корпус [1]–[9] (внутренние референции, slug-citation per project lessons L-21, L-32); (2) внешние обзоры и наблюдательные anchor-работы H_0 -tension и DE [10]–[13]; (3) внешние книги по теории струн, общей теории относительности, инфляции, тёмной материи и топологии [14]–[31]. Это соответствует исключению L-35-ext (блочное упорядочение по концепции; 3-block declared preamble per BL-A4).

- [1] Панкратов, А.С. Наблюдатель-зависимая теория всего (ODTOE): базовая монография. Препринт (2026). Slug: ODTOE_article.
- [2] Панкратов, А.С. Бесконечная рекурсия и матрица ODTOE: «наша Вселенная — чей-то протон». Препринт (2026). Slug: ODTOE_infinite_recursion.
- [3] Панкратов, А.С. Космологические фракции $\varphi^2 : 1 : Z$ и 2%-спиральный зазор $(\pi - 3)^2$. Препринт (2026). Slug: ODTOE_cosmological_fractions.
- [4] Панкратов, А.С. Активация наблюдателя: операторная композиция и блокады. Препринт (2026). Slug: ODTOE_activation.
- [5] Панкратов, А.С. Многоагентная когерентность ODTOE: пятирольная архитектура EraDev. Препринт (2026). Slug: ODTOE_multiagent.

- [6] Панкратов, А.С. Конфигурация команды: $n_{\min} = \lceil \pi \rceil + 1$ как условие минимальной устойчивости. Препринт (2026). Slug: ODTOE_config.
- [7] Панкратов, А.С. Расширение Вселенной: масштабный фактор $a(n) \propto \varphi^{9n}$ и аномалия $\ell \approx 44$. Препринт (2026). Slug: ODTOE_expansion.
- [8] Панкратов, А.С. Метаэпистемология малых групп: цикл обратной связи как первичный оператор познания. Препринт (2026). Slug: ODTOE_parallel_trajectories.
- [9] Панкратов, А.С. Самореферентность ODTOE: неподвижная точка самонаблюдения и странная петля. Препринт (2026). Slug: ODTOE_self_reference.
- [10] Planck Collaboration (Aghanim N., Akrami Y., et al.). Planck 2018 results: VI. Cosmological parameters // Astronomy & Astrophysics. — 2020. — Vol. 641. — A6. DOI: 10.1051/0004-6361/201833910. arXiv:1807.06209. (Цит. в тексте по Table 2, столбец TT,TE,EE+lowE+lensing.)
- [11] Riess A.G., Yuan W., Macri L.M., et al. A Comprehensive Measurement of the Local Value of the Hubble Constant with 1 km/s/Mpc Uncertainty from the Hubble Space Telescope and the SHOES Team // The Astrophysical Journal Letters. — 2022. — Vol. 934. — L7. DOI: 10.3847/2041-8213/ac5c5b. arXiv:2112.04510. ($H_0 = 73,04 \pm 1,04$ km/s/Mpc.)
- [12] Verde L., Treu T., Riess A.G. Tensions between the early and late Universe // Nature Astronomy. — 2019. — Vol. 3. — P. 891–895. DOI: 10.1038/s41550-019-0902-0. arXiv:1907.10625. (Reports range $4,0\sigma$ to $5,8\sigma$ depending on combination of three late-Universe anchors.)
- [13] Di Valentino E., Mena O., Pan S., et al. In the realm of the Hubble tension — a review of solutions // Classical and Quantum Gravity. — 2021. — Vol. 38, No. 15. — 153001. DOI: 10.1088/1361-6382/ac086d.
- [14] Weinberg S. The cosmological constant problem // Reviews of Modern Physics. — 1989. — Vol. 61. — P. 1–23. DOI: 10.1103/RevModPhys.61.1.
- [15] Carroll S.M. The Cosmological Constant // Living Reviews in Relativity. — 2001. — Vol. 4. — 1. DOI: 10.12942/lrr-2001-1.
- [16] Caldwell R.R., Kamionkowski M., Weinberg N.N. Phantom Energy: Dark Energy with $w < -1$ Causes a Cosmic Doomsday // Physical Review Letters. — 2003. — Vol. 91. — 071301. DOI: 10.1103/PhysRevLett.91.071301. arXiv:astro-ph/0302506.
- [17] Bean R., Carroll S.M., Trodden M. Insights into dark energy: interplay between theory and observation // Physics Reports. — 2005. — Vol. 412. — P. 1–129. DOI: 10.1016/j.physrep.2004.08.031.
- [18] Hill J.C., McDonough E., Toomey M.W., Alexander S. Early dark energy does not restore cosmological concordance // Physical Review D. — 2020. — Vol. 102. — 043507. DOI: 10.1103/PhysRevD.102.043507.

- [19] Riess A.G., Filippenko A.V., Challis P., et al. Observational Evidence from Supernovae for an Accelerating Universe and a Cosmological Constant // The Astronomical Journal. — 1998. — Vol. 116. — P. 1009–1038. DOI: 10.1086/300499.
- [20] Perlmutter S., Aldering G., Goldhaber G., et al. Measurements of Ω and Λ from 42 High-Redshift Supernovae // The Astrophysical Journal. — 1999. — Vol. 517. — P. 565–586. DOI: 10.1086/307221.
- [21] Freedman W.L. Measurements of the Hubble Constant: Tensions in Perspective // The Astrophysical Journal. — 2021. — Vol. 919. — 16. DOI: 10.3847/1538-4357/ac0e95.
- [22] Buchert T., Carfora M., Ellis G.F.R., et al. Observational challenges for the standard FLRW model // Reviews of Modern Physics. — 2018. — Vol. 90. — 045002. DOI: 10.1103/RevModPhys.90.045002.
- [23] Weinberg S. Cosmology. — Oxford: Oxford University Press, 2008. — ISBN 978-0-19-852682-7.
- [24] Mukhanov V. Physical Foundations of Cosmology. — Cambridge: Cambridge University Press, 2005. — ISBN 978-0-521-56398-7.
- [25] Dodelson S., Schmidt F. Modern Cosmology. — 2nd ed. — Amsterdam: Elsevier / Academic Press, 2020. — ISBN 978-0-12-815948-4. (*Authors per Elsevier product record; OpenLibrary metadata incomplete.*)
- [26] Guth A.H. The inflationary universe: A possible solution to the horizon and flatness problems // Physical Review D. — 1981. — Vol. 23. — P. 347–356. DOI: 10.1103/PhysRevD.23.347.
- [27] Linde A.D. A new inflationary universe scenario: a possible solution of the horizon, flatness, homogeneity, isotropy and primordial monopole problems // Physics Letters B. — 1982. — Vol. 108. — P. 389–393. DOI: 10.1016/0370-2693(82)91219-9.
- [28] Sahni V. Dark Matter and Dark Energy // The Physics of the Early Universe / Ed. E. Papantonopoulos. — Lecture Notes in Physics, Vol. 653. — Berlin, Heidelberg: Springer, 2005. — P. 141–179. DOI: 10.1007/978-3-540-31535-3_5.
- [29] Arnold V.I. Mathematical Methods of Classical Mechanics. — 2nd ed. — New York: Springer, 1989. — ISBN 978-0-521-39554-0. (*KAM theorem treatment, §3.*)
- [30] Hatcher A. Algebraic Topology. — Cambridge: Cambridge University Press, 2002. — ISBN 978-0-521-79540-1.
- [31] Manin Yu.I. Topics in Noncommutative Geometry. — Princeton: Princeton University Press / AMS, 1991. — ISBN 978-0-8218-4331-4.

A. Анализ чувствительности модели

Параметры модели: η (fitting), κ_H (estimated $O(1)$), $\Delta\chi/\chi_0$ (derived).

Возмущение	Влияние	P1	P2	P3	P4	P5
$\eta = +20\%$	$t_{\text{sat}} \cdot 0,83$	$\Delta H_0 \rightarrow 0,040$	$\rho \rightarrow 0,46$	$N = 13$ (top-pinned)	$\ell \rightarrow 42$	$w \rightarrow 1,0$
$\eta = -20\%$	$t_{\text{sat}} \cdot 1,25$	$\Delta H_0 \rightarrow 0,120$	$\rho \rightarrow 0,30$	$N = 13$ (top-pinned)	$\ell \rightarrow 46$	$w \rightarrow 1,0$
$\kappa_H = 0,5$	линейный сдвиг	$\Delta\chi \rightarrow 0,17$	—	—	—	—
$\kappa_H = 2,0$	линейный сдвиг	$\Delta\chi \rightarrow 0,04$	—	—	—	—
$\Delta\chi = 0$	homogeneous limit	$\delta H_0 \rightarrow 0$ (refutation)	—	—	—	—

P3 (количество кластерных templates) топологически зафиксировано $N_{\text{max}}^{(\text{local})} = \Omega_{DM}/\varepsilon$ — параметрически нечувствительно. Это демонстрирует жёсткость модели: основное предсказание не зависит от единственного fit-параметра.