

ЧЁРНАЯ ДЫРА КАК ПРЕДЕЛЬНЫЙ ОПЕРАТОР ДЕКОНФИГУРАЦИИ: ПОГЛОЩЕНИЕ ЗВЁЗД, ГОРИЗОНТ СОБЫТИЙ И ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПАРАДОКС ЧЕРЕЗ ПРИЗМУ ОДТОЕ

(Black Hole as Ultimate Deconfiguration Operator: Star Absorption,
Event Horizon and Information Paradox Through the ODTOE Lens)

Панкратов Антон Сергеевич / *Pankratov Anton Sergeevich*

Независимый исследователь

E-mail: anton.s.pankratov@gmail.com

ORCID: 0009-0002-4870-2995

УДК 530.145 + 524.8 + 530.12

АННОТАЦИЯ

В рамках наблюдатель-зависимой теории всего (ОДТОЕ) [1] предлагается переосмысление природы чёрных дыр. Показано, что чёрная дыра — не «объект, искривляющий пространство-время», а предельный оператор деконфигурации \hat{D} , действие которого обратное оператору наблюдения \hat{O} : если $\hat{O} : \mathcal{H} \rightarrow \mathcal{C}$ актуализирует конфигурации из пространства потенциальных состояний, то $\hat{D} : \mathcal{C} \rightarrow \mathcal{H}$ возвращает актуализированные конфигурации обратно в потенциальность. Горизонт событий интерпретируется как граница, за которой инерция конфигурации $I(\mathcal{C})$ обращается в бесконечность для внешнего наблюдателя: переконфигурация внутри горизонта невозможна извне, поскольку $v = \alpha/(I + \varepsilon) \rightarrow 0$. Приливное разрушение звезды (tidal disruption event, TDE) формализуется как каскадная деконфигурация: высококогерентная конфигурация $\mathcal{C}_{\text{звезда}}$ с $S \approx 1$ разбирается на элементарные составляющие и возвращается в \mathcal{H} . Информационный парадокс Хокинга [2] разрешается естественным образом: информация не уничтожается при «падении» в чёрную дыру — она возвращается в \mathcal{H} , где существовала изначально и откуда может быть актуализирована повторно. Излучение Хокинга интерпретируется как спонтанная реактуализация: элементы \mathcal{H} вблизи горизонта стохастически проецируются обратно в \mathcal{C} . Обсуждаются следствия для космологии, квантовой гравитации и наблюдений Event Horizon Telescope.

Ключевые слова: чёрная дыра, горизонт событий, приливное разрушение, деконфигурация, информационный парадокс, излучение Хокинга, когерентность, ОДТОЕ.

ABSTRACT

Within the Observer-Dependent Theory of Everything (ODTOE) [1], a reinterpretation of the nature of black holes is proposed. A black hole is shown to be not an “object curving spacetime” but an ultimate deconfiguration operator \hat{D} whose action is inverse to the observation operator \hat{O} : while $\hat{O} : \mathcal{H} \rightarrow \mathcal{C}$ actualises configurations from the space of potential states, $\hat{D} : \mathcal{C} \rightarrow \mathcal{H}$ returns actualised configurations back to potentiality. The event horizon is interpreted as the boundary beyond which configuration inertia $I(C)$ becomes infinite for an external observer. The Hawking information paradox [2] is resolved naturally: information is not destroyed upon “falling” into a black hole — it returns to \mathcal{H} , where it existed originally. Hawking radiation is interpreted as spontaneous re-actualisation near the horizon. Consequences for cosmology, quantum gravity and Event Horizon Telescope observations are discussed.

Keywords: black hole, event horizon, tidal disruption, deconfiguration, information paradox, Hawking radiation, coherence, ODTOE.

I. ВВЕДЕНИЕ: ЧТО ТАКОЕ ЧЁРНАЯ ДЫРА НА САМОМ ДЕЛЕ?

Чёрные дыры — одни из наиболее экстремальных объектов, предсказанных общей теорией относительности [3]. Решение Шварцшильда (1916) описывает область пространства-времени, из которой ничто, включая свет, не может покинуть: гравитационный радиус $r_s = 2GM/c^2$ определяет горизонт событий — «точку невозврата». За столетие чёрные дыры превратились из математического курьёза в наблюдательный факт: изображение тени чёрной дыры M87* было получено Event Horizon Telescope в 2019 году [4], а гравитационные волны от слияния чёрных дыр зарегистрированы LIGO в 2015 году [5]. Нобелевская премия по физике 2020 года была присуждена за теоретические и наблюдательные исследования чёрных дыр (Пенроуз, Генцель, Гез), подчёркивая центральную роль этих объектов в современной физике.

Однако фундаментальная природа чёрных дыр остаётся предметом дискуссий. Три нерешённые проблемы определяют границу знания:

1. **Сингулярность.** ОТО предсказывает бесконечную кривизну в центре чёрной дыры — точку, где теория ломается [3].
2. **Информационный парадокс.** Хокинг (1975) показал, что чёрные дыры излучают тепловое излучение и в конечном счёте испаряются [2]. Если информация о всём, что упало в дыру, уничтожается при испарении, нарушается унитарность квантовой механики — один из её краеугольных принципов [6].
3. **Файрволл.** Попытка совместить сохранение информации с полуклассическим описанием горизонта приводит к парадоксу «огненной стены» (Almheiri et al., 2013 [7]): горизонт либо гладок (ОТО), либо раскалён (квантовая механика), но не может быть и тем, и другим одновременно.

ODTOE предлагает выход из всех трёх тупиков, переформулируя саму постановку вопроса: чёрная дыра — не объект в пространстве-времени, а процесс *деконфигурации* — обратный акт наблюдения. Информация не уничтожается — она возвращается в пространство потенциальных состояний \mathcal{H} , откуда была актуализирована наблюдателем. Горизонт — не физический барьер, а граница применимости конкретного оператора наблюдения \hat{O} . Сингулярность — не бесконечность, а область нулевой когерентности, где ни одно описание (включая ОТО) не имеет преимущества.

Настоящая работа организована следующим образом. В разделе II вводится оператор деконфигурации \hat{D} и интерпретируются горизонт событий и сингулярность. В разделе III рассматривается приливное разрушение звёзд и квазипериодические вспышки. Раздел IV — центральный — посвящён информационному парадоксу и его разрешению. В разделе V проводится систематическое сравнение с классическим подходом. Раздел VI обсуждает космологические следствия, включая Большой взрыв, тёмную энергию и гравитационные волны. В разделе VII формулируются экспериментально проверяемые предсказания. Раздел VIII содержит обсуждение ограничений.

II. ЧЁРНАЯ ДЫРА КАК ОПЕРАТОР ДЕКОНФИГУРАЦИИ

II.1. Оператор \hat{D} : обратный \hat{O}

В ODTOE реальность конституируется оператором наблюдения [1]:

$$R = \hat{O}(\Psi), \quad \hat{O} : \mathcal{H} \rightarrow \mathcal{C} \quad (\text{A.1})$$

Обратная инъекция $\iota : \mathcal{C} \rightarrow \mathcal{H}$ возвращает результат наблюдения в пространство потенциальных состояний. В обычном цикле самонаблюдения $\Phi = \iota \circ \hat{O}$ обе операции происходят последовательно и уравновешенно: актуализация (\hat{O}) и возврат (ι) чередуются.

Цикл Φ можно представить как диаграмму:

$$\mathcal{H} \xrightarrow{\hat{O}} \mathcal{C} \xrightarrow{\iota} \mathcal{H} \xrightarrow{\hat{O}} \mathcal{C} \xrightarrow{\iota} \dots \quad (\text{II.0})$$

В обычной реальности эта петля замкнута и непрерывна: каждый акт наблюдения порождает конфигурацию, которая немедленно возвращается в потенциальность и может быть актуализирована вновь. «Разрыв петли» означает ситуацию, при которой одно из двух звеньев цепи подавляется. В случае чёрной дыры подавляется \hat{O} : инъекция ι работает (конфигурации возвращаются в \mathcal{H}), но повторная актуализация блокирована для внешнего наблюдателя.

Чёрная дыра — область, где доминирует *только* возврат. Определим оператор деконфигурации:

$$\hat{D} = \iota_{\text{предельн}} : \mathcal{C} \rightarrow \mathcal{H}, \quad \text{без последующего } \hat{O} \quad (\text{II.1})$$

В окрестности чёрной дыры актуализированные конфигурации ($C \in \mathcal{C}$) необратимо возвращаются в потенциальность ($\Psi \in \mathcal{H}$), не проходя через новый цикл актуализации. Петля Φ *разрывается*: ι работает, а \hat{O} — нет (для внешнего наблюдателя).

Физически разрыв петли означает следующее: наблюдатель, находящийся вне горизонта, не может актуализировать конфигурации, которые уже деконфигурированы оператором \hat{D} . Его оператор $\hat{O}_{\text{внешн}}$ не имеет доступа к тем элементам \mathcal{H} , которые «поглощены» чёрной дырой, — не потому что они уничтожены, а потому что они находятся вне области определения данного конкретного \hat{O} .

Важно подчеркнуть асимметрию: в обычной физике существуют области, где наблюдение затруднено (например, внутренность нейтронной звезды), но цикл Φ не разрывается — внешний наблюдатель может, в принципе, получить информацию через электромагнитное или гравитационное взаимодействие. Чёрная дыра уникальна тем, что разрыв петли *абсолютен*: не существует процесса в \mathcal{C} , который мог бы доставить информацию из-за горизонта внешнему \hat{O} . Однако это ограничение относится только к каналу \mathcal{C} ; канал \mathcal{H} (корреляции в пространстве потенциальности) остаётся открытым — именно он обеспечивает сохранение информации (см. раздел IV).

Формально, оператор \hat{D} обладает следующими свойствами, отличающими его от обычной инъекции ι :

- *Необратимость для внешнего \hat{O}* : если $\hat{D}(C) = \Psi$, то $\hat{O}_{\text{внешн}}(\Psi)$ не определён — внешний наблюдатель не может реактуализировать Ψ обратно в C .
- *Обратимость для падающего \hat{O}* : оператор $\hat{O}_{\text{падающ}}$ продолжает функционировать, и для него Ψ доступен для актуализации. Петля Φ не разорвана с его точки зрения.
- *Монотонность*: \hat{D} действует однонаправленно — от \mathcal{C} к \mathcal{H} . Обратного оператора $\hat{D}^{-1} : \mathcal{H} \rightarrow \mathcal{C}$, действующего в области горизонта, не существует (для внешнего наблюдателя). Это и есть «точка невозврата».

II.2. Горизонт событий как граница инерции

Скорость переконфигурации определяется постулатом P2 [1]:

$$v(C \rightarrow C') = \frac{\alpha}{I(C) + \varepsilon} \quad (\text{P2.1})$$

На горизонте событий инерция конфигурации для внешнего наблюдателя стремится к бесконечности:

$$I(C)|_{r \rightarrow r_s} \rightarrow \infty \quad \Rightarrow \quad v \rightarrow 0 \quad (\text{II.2})$$

Физический смысл: конфигурация, приближающаяся к горизонту, «застывает» с точки зрения внешнего наблюдателя. Это в точности соответствует предсказанию ОТО: часы вблизи горизонта замедляются до полной остановки для удалённого наблюдателя [3].

Связь с метрикой Шварцшильда можно установить явно. Фактор красного смещения в метрике Шварцшильда равен:

$$\sqrt{1 - \frac{r_s}{r}} \quad (\text{II.2a})$$

Этот фактор определяет соотношение собственного времени и координатного времени. В ОДТОЕ ему соответствует отношение инерции к базовой инерции:

$$\frac{I_0}{I(C)} = \sqrt{1 - \frac{r_s}{r}} \quad (\text{II.2b})$$

где I_0 — инерция конфигурации на бесконечности. Из этого соотношения следует:

$$I(C) = \frac{I_0}{\sqrt{1 - r_s/r}} \quad (\text{II.2c})$$

При $r \rightarrow r_s$ знаменатель обращается в нуль, и $I(C) \rightarrow \infty$, что воспроизводит формулу (II.2). Таким образом, гравитационное замедление времени в ОТО является *проявлением* градиента инерции конфигурации $I(C)$: чем ближе к горизонту, тем выше инерция и тем медленнее переконфигурация.

Этот результат допускает обобщение. Для произвольного статического сферически симметричного пространства-времени с метрикой $ds^2 = -f(r)c^2 dt^2 + f(r)^{-1} dr^2 + r^2 d\Omega^2$ инерция конфигурации:

$$I(C) = \frac{I_0}{\sqrt{f(r)}} \quad (\text{II.2d})$$

Горизонт ($f(r_s) = 0$) автоматически соответствует $I \rightarrow \infty$. Для метрики Райсснера-Нордстрёма (заряженная чёрная дыра) $f(r) = 1 - r_s/r + r_Q^2/r^2$, что даёт два горизонта (внешний и внутренний) — две границы $I \rightarrow \infty$. Между ними инерция конечна: \hat{D} действует, но петля Φ может быть частично восстановлена. Это согласуется с известным результатом ОТО о том, что внутренний горизонт Райсснера-Нордстрёма неустойчив (mass inflation) — в ОДТОЕ: область «восстановленной петли» между горизонтами конфигурационно нестабильна.

Однако ОДТОЕ добавляет существенное уточнение: для *падающего* наблюдателя инерция не бесконечна. Его собственный оператор $\hat{O}_{\text{падающ}}$ продолжает функционировать, актуализируя конфигурации. Парадокс двух точек зрения (внешней и падающей) разрешается через зависимость $I(C)$ от наблюдателя: инерция — свойство пары «конфигурация + оператор», а не конфигурации самой по себе.

Это согласуется с одним из глубочайших результатов ОТО: принципом эквивалентности. Локально, в свободно падающей системе отсчёта, гравитация «исчезает» — а в ОДТОЕ это означает, что $I(C)$ для свободно падающего наблюдателя остаётся конечным и непрерывным. Принцип эквивалентности Эйнштейна в ОДТОЕ переформулируется как: *инерция конфигурации зависит от выбора оператора наблюдения*. Для каждого наблюдателя существует система отсчёта, в которой $I(C) = I_0$ локально — это и есть «свободное падение».

II.3. Сингулярность как $S = 0$

Сингулярность ОТО — точка бесконечной кривизны — в ОДТОЕ интерпретируется как область, где когерентность системы обнуляется:

$$S|_{r \rightarrow 0} = 0 \quad (\text{II.3})$$

По формуле числа одновременных теорий (P6) [1]:

$$N_{\text{theories}} = N_0 \cdot (1 - S)^m + 1$$

при $S = 0$: $N_{\text{theories}} = N_0 + 1 \rightarrow \infty$. В «сингулярности» существует бесконечное число одновременно справедливых описаний — ни одна теория не имеет преимущества. Именно поэтому ОТО «ломается» в сингулярности: она — одна из бесконечного множества описаний, и её предсказания (бесконечная кривизна) отражают не физическую реальность, а предел применимости данной конфигурации.

II.4. Космическая цензура и голые сингулярности

Гипотеза космической цензуры Пенроуза [18] утверждает, что сингулярности всегда скрыты за горизонтом событий — «голых» сингулярностей не существует в природе. В рамках ОДТОЕ эта гипотеза получает естественное обоснование.

Область $S = 0$ (сингулярность) — область максимальной неопределённости, где бесконечное число описаний одновременно справедливо. Если бы такая область была доступна внешнему наблюдателю (голая сингулярность), его оператор \hat{O} должен был бы «выбрать» одно описание из бесконечного множества — но критерий выбора отсутствует (все равноправны). Это означает, что актуализация из области $S = 0$ невозможна для любого конкретного \hat{O} :

$$\hat{O}(\Psi)|_{S=0} = \text{не определён} \quad (\text{II.4})$$

Неопределённость \hat{O} при $S = 0$ автоматически требует наличия границы $I(C) \rightarrow \infty$ между наблюдателем и областью нулевой когерентности — то есть горизонта событий. Таким образом, космическая цензура — не дополнительный постулат, а следствие структуры ОДТОЕ: наблюдатель не может актуализировать то, что принципиально неактуализируемо.

Заметим, что данный аргумент объясняет также, почему «голые сингулярности» (если они и существуют как математические решения уравнений Эйнштейна) физически ненаблюдаемы. Область $S = 0$ без горизонта означала бы доступность бесконечного числа описаний одному наблюдателю — что эквивалентно невозможности *любого* описания. Наблюдатель, «видящий» голую сингулярность, не видит ничего определённого. Это не запрет, а тавтология: бесконечно неопределённое не может быть определено.

Для вращающихся чёрных дыр (метрика Керра) ситуация усложняется: внутренняя структура содержит кольцевую сингулярность и область с замкнутыми времениподобными кривыми. В ОДТОЕ это соответствует области, где не только $S = 0$, но и когерентность приобретает *мнимые* значения — конфигурация «закручивается» в петлю, замыкая цикл Φ на себя. Подробный анализ вращающихся чёрных дыр выходит за рамки настоящей работы, но отметим, что эргосфера Керра интерпретируется как область, где \hat{D} действует *частично*: конфигурации не полностью деконфигурируются, но вынуждены «вращаться» — переконфигурироваться в направлении вращения чёрной дыры.

III. ПРИЛИВНОЕ РАЗРУШЕНИЕ ЗВЕЗДЫ: КАСКАДНАЯ ДЕКОНФИГУРАЦИЯ

III.1. Классическое описание

Когда звезда приближается к сверхмассивной чёрной дыре на расстояние приливного радиуса $r_t \approx R_*(M_{BH}/M_*)^{1/3}$ [8], приливные силы превышают самогравитацию звезды, и она разрушается. Примерно половина вещества захватывается чёрной дырой, а половина выбрасывается. Процесс сопровождается мощной вспышкой в оптическом, ультрафиолетовом и рентгеновском диапазонах, длящейся от недель до месяцев. Кривая блеска характерно описывается степенным затуханием $L \propto t^{-5/3}$, предсказанным из теории аккреции возвращающегося вещества на чёрную дыру. К 2025 году зарегистрировано около 100 таких событий [9], включая AT2024tvd — первый обнаруженный TDE от блуждающей чёрной дыры за пределами галактического центра [10].

Наблюдательные данные по TDE существенно обогатились за последние годы. Обзор ZTF (Zwicky Transient Facility) и будущий LSST (Legacy Survey of Space and Time) увеличивают темп обнаружения TDE до десятков событий в год. Типичная пиковая светимость TDE составляет $L_{\text{пик}} \sim 10^{43} - 10^{45}$ эрг/с, что сравнимо со светимостью квазаров. Спектры TDE демонстрируют широкие линии водорода ($H\alpha$, $H\beta$) и гелия ($He II$), а также сильное ультрафиолетовое и мягкое рентгеновское излучение. Темп TDE в типичной галактике оценивается как $\sim 10^{-4} - 10^{-5}$ событий в год [9]. Спектральная эволюция TDE следует характерному паттерну: начальная «синяя» фаза (доминирование УФ и мягкого рентгена) сменяется «красной» (оптическая и инфракрасная), что отражает постепенное остывание аккреционного потока.

III.2. Интерпретация через ОДТОЕ

Звезда — высококогерентная конфигурация: $S_{\text{звезда}} \approx 1$ (атомы согласованы в единый самоподдерживающийся процесс). Время жизни определяется формулой P3 [1]:

$$T(C_{\text{звезда}}) = \frac{T_0}{(1 - S_{\text{звезда}})^n} \rightarrow \infty \quad (\text{III.1})$$

Приливное разрушение — процесс *каскадной деконфигурации*: оператор \hat{D} чёрной дыры «разбирает» когерентную конфигурацию на составляющие, возвращая их в \mathcal{H} :

$$C_{\text{звезда}} \xrightarrow{\hat{D}} C_{\text{обломки}} \xrightarrow{\hat{D}} C_{\text{элемент}} \xrightarrow{\hat{D}} \Psi \in \mathcal{H} \quad (\text{III.2})$$

На каждом этапе когерентность падает: $S_{\text{звезда}} \rightarrow S_{\text{обломки}} \rightarrow S_{\text{элемент}} \rightarrow 0$. Каждое падение S сопровождается высвобождением энергии — именно так возникает вспышка TDE. Энергия вспышки пропорциональна *изменению когерентности*:

$$E_{\text{TDE}} \propto \Delta S \cdot M_* c^2 \quad (\text{III.3})$$

Оценим энергетический бюджет. Для типичной солнечноподобной звезды ($M_* \approx M_{\odot}$) полная энергия покоя составляет $M_{\odot} c^2 \approx 1.8 \times 10^{54}$ эрг. Если $\Delta S \sim 0.01-0.1$ (типичный диапазон потери когерентности при первом этапе каскада), энергия вспышки:

$$E_{\text{TDE}} \sim (0.01-0.1) \cdot M_{\odot} c^2 \sim 10^{52}-10^{53} \text{ эрг} \quad (\text{III.3a})$$

Наблюдаемая полная энергия TDE составляет $\sim 10^{51}-10^{52}$ эрг [9]. Разница на порядок объясняется тем, что лишь часть энергии деконфигурации излучается в электромагнитном диапазоне; остальное уносится кинетической энергией выброшенного вещества и нейтрино.

Отметим, что формула (III.3) предсказывает зависимость энергии TDE от *типа* разрушаемой звезды. Более когерентная звезда (компактная, высокой плотности — белый карлик с $S_{\text{WD}} \approx 0.99$) должна давать более мощную вспышку, чем рыхлая звезда (красный гигант с $S_{\text{RG}} \approx 0.7$), поскольку ΔS при разрушении компактной звезды больше. Наблюдательные данные согласуются с этой картиной: TDE от плотных звёзд (если чёрная дыра достаточно мала для их разрушения вне горизонта) демонстрируют более жёсткий спектр и более высокую пиковую светимость [9].

Каскадный характер деконфигурации (III.2) предсказывает также характерную *временную* структуру светимости TDE. Первый этап ($C_{\text{звезда}} \rightarrow C_{\text{обломки}}$) — быстрый, секунды-минуты: разрыв звезды на потоки вещества. Второй этап ($C_{\text{обломки}} \rightarrow C_{\text{элемент}}$) — более медленный, дни-недели: формирование аккреционного диска и его «пережёвывание». Третий этап ($C_{\text{элемент}} \rightarrow \Psi$) — самый медленный, месяцы-годы: окончательная деконфигурация элементарных составля-

ющих. Этим объясняется наблюдаемая кривая блеска TDE: быстрый рост, пик, и затем медленное степенное затухание $L \propto t^{-5/3}$ [9].

III.3. Почему вспышка происходит *снаружи*, а не *внутри*

Парадоксальный наблюдательный факт: вспышка TDE происходит не на горизонте, а на значительном удалении от него. Классическое объяснение: аккреционный диск нагревается трением. ODTOE предлагает дополнительное объяснение: деконфигурация начинается задолго до горизонта, поскольку градиент \hat{D} убывает с расстоянием, но ненулевой уже при $r \gg r_s$.

Аналогия: когерентная структура (звезда) начинает «расклеиваться» при приближении к области доминирования \hat{D} , подобно тому как порядок льда нарушается задолго до достижения температуры плавления — через предплавление на поверхности.

Количественно: градиент деконфигурации $\nabla \hat{D}$ можно оценить как:

$$|\nabla \hat{D}| \propto \frac{dI(C)}{dr} = \frac{I_0 r_s}{2r^2 (1 - r_s/r)^{3/2}} \quad (\text{III.3b})$$

При $r \gg r_s$: $|\nabla \hat{D}| \propto r_s/r^2$ — малый, но ненулевой. Приливное разрушение начинается, когда $|\nabla \hat{D}| \cdot R_* > S_{\text{связь}}$, где $S_{\text{связь}}$ — минимальная когерентность, удерживающая звезду как целое. Это условие эквивалентно классическому приливному критерию $r < r_t$, но выражено на языке когерентности, а не на языке сил.

III.4. Задержанные радиоджеты

В октябре 2025 года обнаружено, что мощные радиовыбросы от TDE возникают через *месяцы* после разрушения звезды [11]. В ODTOE: возврат конфигурации в \mathcal{H} — не мгновенный, а каскадный процесс. Высокоинерционные конфигурации (тяжёлые ядра, магнитные поля) деконфигурируются позже, чем легкие (водород). Задержка радиоджетов отражает *иерархию инерций*: $I(C_{\text{магнит}}) > I(C_{\text{водород}})$.

III.5. Квазипериодические вспышки (QPE)

Квазипериодические вспышки (quasi-periodic eruptions, QPE) — недавно открытое наблюдательное явление: повторяющиеся рентгеновские вспышки с периодом от нескольких часов до суток, исходящие из ядер галактик [19]. QPE обнаружены в нескольких источниках (GSN 069, RX J1301.9+2747, eRO-QPE1, eRO-QPE2 и др.) и предположительно связаны с повторяющимся взаимодействием звезды или компактного объекта с аккреционным диском вокруг сверхмассивной чёрной дыры.

В ODTOE квазипериодические вспышки интерпретируются как *повторная частичная деконфигурация*. Если звезда находится на вытянутой орбите вокруг чёрной дыры, она при каждом прохождении перицентра входит в область действия

оператора \hat{D} , но не полностью поглощается. На каждом проходе когерентность частично снижается:

$$S_{\text{звезда}}^{(n+1)} = S_{\text{звезда}}^{(n)} - \delta S(r_{\text{мин}}) \quad (\text{III.4})$$

где $\delta S(r_{\text{мин}})$ — потеря когерентности за один проход, зависящая от минимального расстояния до чёрной дыры. Каждое падение δS сопровождается рентгеновской вспышкой с энергией:

$$E_{\text{QPE}} \propto \delta S \cdot M_{\text{обол}} c^2 \quad (\text{III.5})$$

где $M_{\text{обол}}$ — масса оболочки, теряемой за один проход. Периодичность QPE определяется орбитальным периодом, а затухание серии вспышек — постепенным исчерпанием когерентности: когда $S_{\text{звезда}}^{(n)} \rightarrow 0$, звезда полностью деконфигурирована и вспышки прекращаются.

Предсказание ODTOE: энергия последовательных QPE-вспышек должна убывать (каждый следующий δS меньше, поскольку когерентность уже снижена), а спектр должен смягчаться (низкокогерентные конфигурации деконфигурируются при меньших энергиях). Предварительные данные по GSN 069 согласуются с этой картиной [19].

Интересно, что QPE представляют собой «лабораторию» для изучения деконфигурации: в отличие от полного TDE, где процесс завершается за одну эпизодическую вспышку, QPE позволяют наблюдать *пошаговую* деконфигурацию в реальном времени. Измерение последовательных значений энергии и спектра вспышек позволяет восстановить зависимость $\delta S(S)$ — функциональную форму оператора \hat{D} вблизи конкретной чёрной дыры. Это один из наиболее перспективных путей экспериментальной проверки ODTOE-описания чёрных дыр.

IV. ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПАРАДОКС: РАЗРЕШЕНИЕ

IV.1. Суть парадокса и история попыток разрешения

Хокинг (1975) показал: чёрная дыра излучает тепловое излучение температуры $T_H = \hbar c^3 / (8\pi G M k_B)$ [2]. Если дыра полностью испарится, куда делась информация обо всём, что в неё упало? Тепловое излучение не несёт информации (по определению теплового спектра). Следовательно, информация уничтожена — но это нарушает унитарность квантовой механики [6].

Аргумент Хокинга можно изложить пошагово:

1. Квантовая теория поля на искривлённом фоне предсказывает, что вакуумное состояние вблизи горизонта нестабильно: виртуальные пары частица-античастица рождаются на горизонте, одна частица падает внутрь, другая улетает на бесконечность.

2. Улетающие частицы формируют тепловой спектр с температурой T_H , пропорциональной поверхностной гравитации горизонта. Тепловой спектр максимально энтропийен — он не несёт информации о состоянии, из которого возник.
3. Чёрная дыра теряет массу через это излучение и в конечном итоге полностью испаряется.
4. После полного испарения не остаётся ни чёрной дыры, ни информации о том, что в неё упало — лишь тепловое излучение. Чистое квантовое состояние превратилось в смешанное — унитарность нарушена.

Формально, проблема выражается так. Пусть начальное состояние — чистое: $|\psi\rangle = |\psi_{\text{вещество}}\rangle \otimes |0_{\text{вакуум}}\rangle$. После испарения конечное состояние — смешанное: $\rho_{\text{конечн}} = \sum_i p_i |\phi_i\rangle\langle\phi_i|$. Но в унитарной квантовой механике чистое состояние не может эволюционировать в смешанное: $|\psi\rangle\langle\psi| \xrightarrow{U} U|\psi\rangle\langle\psi|U^\dagger$ — снова чистое. Следовательно, либо квантовая механика неверна (позиция Хокинга до 2004 года), либо излучение не строго тепловое (позиция большинства теоретиков). ODTOE показывает третий путь: противоречие возникает из-за неверного отождествления «информации» с «конфигурацией в \mathcal{C} ».

Парадокс обострился в 1993 году, когда Прескилл [6] заключил с Хокингом пари (известное как «Пари Прескилла-Хокинга-Торна»): сохраняется ли информация при испарении? В 2004 году Хокинг уступил, признав, что AdS/CFT аргументы убеждают его в сохранении информации — однако *конкретный механизм* так и не был указан.

За полвека предложен ряд попыток разрешения парадокса. Рассмотрим основные.

Комплементарность чёрных дыр (Сасскинд, 1993). Леонард Сасскинд, Ларус Торласиус и Джон Углум предложили принцип комплементарности [20]: информация одновременно существует и внутри горизонта (с точки зрения падающего наблюдателя), и снаружи (на растянутом горизонте, stretched horizon, с точки зрения внешнего). Два описания никогда не вступают в противоречие, поскольку ни один наблюдатель не имеет доступа к обоим одновременно.

Проблема: комплементарность является *постулатом*, а не выводом из фундаментальной теории. Кроме того, аргумент AMPS [7] показал, что комплементарность несовместима с моногамией запутанности (см. раздел IV.5).

Голографический принцип ('т Хоофт, 1993). Герард 'т Хоофт предложил, что вся информация о трёхмерном объёме может быть закодирована на его двумерной границе [21]. Для чёрной дыры это означает, что информация обо всём, что упало, закодирована на горизонте событий (площадь которого определяет энтропию Бекенштейна-Хокинга $S_{BH} = A/(4l_P^2)$).

Проблема: голографический принцип описывает *где* хранится информация, но не объясняет *как* она возвращается при испарении. Механизм кодирования и декодирования остаётся неясным.

AdS/CFT соответствие (Малдасена, 1997). Хуан Малдасена показал [22], что квантовая гравитация в пространстве анти-де Ситтера (AdS) математически эк-

вивалентна конформной теории поля (CFT) на его границе. Поскольку CFT унитарна, процесс испарения чёрной дыры в AdS также должен быть унитарным.

Проблема: AdS/CFT является частичным разрешением, применимым только к пространствам с отрицательной космологической постоянной. Наша Вселенная имеет положительную космологическую постоянную (де Ситтер), и прямое обобщение AdS/CFT на dS-пространство остаётся открытой проблемой. Кроме того, AdS/CFT доказывает унитарность, но не указывает конкретный механизм выхода информации.

Кривая Пейджа (Page, 1993). Дон Пейдж показал [23], что если испарение чёрной дыры унитарно, энтропия запутанности между излучением и чёрной дырой сначала растёт (пока чёрная дыра велика), достигает максимума примерно в середине испарения (время Пейджа), а затем убывает до нуля — когда дыра полностью испарилась, излучение находится в чистом состоянии.

Проблема: кривая Пейджа описывает *что* должно произойти, если унитарность сохраняется, но не объясняет *как* это происходит. Полуклассическое вычисление Хокинга даёт монотонно растущую энтропию — противоречие с кривой Пейджа. Недавние работы (Penington, 2019; Almheiri, Engelhardt, Marolf, Maxfield, 2019) показали, что учёт «островов» (islands) — специальных областей внутри горизонта — позволяет воспроизвести кривую Пейджа в рамках полуклассической гравитации. Однако островные формулы опираются на не вполне обоснованные предположения о гравитационном функциональном интеграле и работают явно только в двумерной или AdS-гравитации.

Каждая из этих попыток вносит важный вклад, но ни одна не предлагает полного механизма: комплементарность — постулат без вывода; голографический принцип описывает кодирование, но не декодирование; AdS/CFT работает лишь в специальном пространстве; кривая Пейджа описывает результат, но не процесс.

Помимо перечисленных, существует ряд других подходов: остаточные состояния (remnants), «мягкие волосы» (Hawking, Perry, Strominger, 2016), островные формулы (island rule) для энтропии, связанные с вычислением гравитационного пути (gravitational path integral). Каждый из этих подходов добавляет важные элементы, но ни один не даёт замкнутого решения вне рамок специальных теоретических допущений (AdS-пространство, двумерная гравитация, топологические упрощения).

ОДТОЕ предлагает иной подход: не искать механизм «возврата информации из дыры», а показать, что информация *никогда не была в дыре*. Парадокс не разрешается — он *растворяется*, будучи следствием неверной исходной предпосылки.

IV.2. Решение через ОДТОЕ

В ОДТОЕ информация не «содержится» в конфигурации $C \in \mathcal{C}$ — она *является структурой* \mathcal{H} [12]. Конфигурация — проекция из \mathcal{H} , а не контейнер информации. Когда конфигурация деконфигурируется оператором \hat{D} и «падает» в чёрную дыру, соответствующий элемент $\Psi \in \mathcal{H}$ *не уничтожается*. Он возвращается в то состояние, в котором находился до актуализации.

$$\hat{D}(C) = \iota(C) = \Psi \in \mathcal{H} \quad (\text{IV.1})$$

Информационный парадокс возникает из допущения, что информация «находится» в \mathcal{C} и может быть «уничтожена» при переходе в состояние, где \mathcal{C} недоступно (горизонт). Но в ОДТОЕ \mathcal{H} первичен, \mathcal{C} вторичен. Уничтожить информацию невозможно, потому что информация — не свойство экрана (\mathcal{C}), а свойство плёнки (\mathcal{H}) [12].

IV.2a. Ключевой онтологический сдвиг: информация живёт в \mathcal{H} , а не в \mathcal{C}

Информационный парадокс Хокинга неявно предполагает *конфигурационный реализм*: убеждение, что физическая реальность тождественна конфигурационному пространству \mathcal{C} , а \mathcal{H} — лишь математическая абстракция. В этой парадигме «падение в чёрную дыру» означает уничтожение информации, поскольку конфигурация \mathcal{C} перестаёт существовать в \mathcal{C} .

ОДТОЕ совершает онтологический сдвиг: \mathcal{H} — фундаментальное пространство, а \mathcal{C} — проекция. Информация — это *структура связей* в \mathcal{H} , а не свойство конфигурации в \mathcal{C} . Конфигурация \mathcal{C} — временная актуализация, «снимок» некоторого аспекта \mathcal{H} . Уничтожение снимка не уничтожает то, что на нём изображено.

Аналогия: фильм, проецируемый на экран (= \mathcal{C}), существует на плёнке (= \mathcal{H}). Если экран погаснет (= горизонт поглотит конфигурацию), плёнка не пострадает. Информационный парадокс эквивалентен утверждению «если экран погас, фильм уничтожен» — это ошибка категории [12].

Этот онтологический сдвиг имеет прецеденты в истории физики. Переход от ньютоновой механики к ОТО потребовал сдвига от абсолютного пространства к динамическому пространству-времени. Переход от классической физики к квантовой потребовал сдвига от детерминизма к вероятностной амплитуде. ОДТОЕ требует аналогичного сдвига: от «реальность — это \mathcal{C} » к «реальность — это \mathcal{H} , а \mathcal{C} — его проекция». Каждый такой сдвиг не опровергает предыдущую теорию, а показывает, что она описывала проекцию, а не фундаментальную структуру.

Следствие онтологического сдвига для чёрных дыр: вопрос «куда делась информация при падении в чёрную дыру?» столь же некорректен, как вопрос «куда делась волновая функция при измерении?» в копенгагенской интерпретации. В обоих случаях вопрос предполагает, что «исчезнувшее» существовало в том же пространстве, что и наблюдатель. В ОДТОЕ: волновая функция (= элемент \mathcal{H}) не «исчезает» при измерении (= актуализации) — она проецируется в \mathcal{C} . Аналогично, информация не «исчезает» при падении в чёрную дыру — она деконфигурируется обратно в \mathcal{H} .

IV.2b. Формальное доказательство сохранения информации

Покажем, что оператор \hat{D} сохраняет информацию. Информация определяется как структура \mathcal{H} — множество связей между элементами $\Psi_i \in \mathcal{H}$. Оператор $\hat{D} =$

$\iota_{\text{предельн}}$ — это обратная инъекция, возвращающая $C \in \mathcal{C}$ в $\Psi \in \mathcal{H}$.

Утверждение. Если инъекция $\iota : \mathcal{C} \rightarrow \mathcal{H}$ является инъективным отображением (то есть $\iota(C_1) = \iota(C_2) \Rightarrow C_1 = C_2$), то оператор деконфигурации \hat{D} не уничтожает информацию.

Доказательство. Информация в ОДТОЕ определяется как структура \mathcal{H} . Оператор \hat{D} переводит $C \mapsto \Psi = \iota(C)$. Поскольку ι инъективна, различные конфигурации отображаются в различные элементы \mathcal{H} :

$$C_1 \neq C_2 \quad \Rightarrow \quad \iota(C_1) \neq \iota(C_2) \quad (\text{IV.1a})$$

Следовательно, \hat{D} не «склеивает» различные конфигурации в одну точку \mathcal{H} . Каждая конфигурация, деконфигурированная чёрной дырой, оставляет уникальный «отпечаток» в \mathcal{H} . Информация о различии между C_1 и C_2 сохраняется в \mathcal{H} даже после того, как обе конфигурации поглощены горизонтом.

Более того, инъективность ι — не дополнительный постулат, а следствие определения ι как обратного отображения к \hat{O} . Если \hat{O} актуализирует различные элементы \mathcal{H} в различные конфигурации (что необходимо для осмысленности наблюдения), то обратное отображение автоматически инъективно.

Формально:

$$\hat{O} \text{ сюръективна на } \text{Im}(\hat{O}) \quad \Rightarrow \quad \iota = \hat{O}^{-1}|_{\text{Im}(\hat{O})} \text{ инъективна} \quad (\text{IV.1b})$$

Таким образом, сохранение информации при деконфигурации — не постулат ОДТОЕ, а *теорема*, следующая из структуры теории. \square

IV.2с. Сравнение с голографическим принципом и ER=EPR

Разрешение информационного парадокса через ОДТОЕ можно сравнить с двумя наиболее влиятельными подходами.

Голографический принцип [21] утверждает, что информация кодируется на двумерной поверхности (горизонте). В ОДТОЕ информация не кодируется на горизонте — она существует в \mathcal{H} , который не является ни поверхностью, ни объёмом, а пространством потенциальных состояний. Голографический принцип верен как *приближение*: поскольку горизонт — граница $I(C) \rightarrow \infty$, число конфигураций, доступных внешнему наблюдателю, ограничено площадью горизонта (через формулу Бекенштейна-Хокинга). Однако это ограничение относится к \mathcal{C} , а не к \mathcal{H} : в потенциальности информация не ограничена площадью.

Гипотеза ER=EPR (Малдасена, Сасскинд, 2013) [24] предлагает, что каждая пара запутанных частиц соединена мостом Эйнштейна-Розена (червоточиной). Для чёрной дыры: частицы излучения Хокинга связаны с внутренностью через микроскопические червоточины, что обеспечивает когерентность и сохранение информации.

В ОДТОЕ ER=EPR получает естественную интерпретацию: «червоточина» — это связь через \mathcal{H} . Запутанные частицы коррелированы не через пространствен-

ный «мост» в \mathcal{C} , а через общий источник в \mathcal{H} . Два описания (ER=EPR и ODTOE) совместимы, но ODTOE более фундаментально: оно объясняет, *почему* запутанность и геометрия связаны — потому что обе являются проекциями структуры \mathcal{H} в \mathcal{C} .

Сравнение трёх подходов к сохранению информации:

Аспект	Голография	ER=EPR	ODTOE
Где информация?	На горизонте (2D)	В червоточинах	В \mathcal{H}
Механизм выхода	Не определён	Через ER-мосты	Реактуализация из \mathcal{H}
Файрволл	Проблематичен	Снимается	Снимается
Область применимости	Любая чёрная дыра	Требует AdS/CFT	Любая система
Статус	Эмпирический	Гипотеза	Следствие онтологии

IV.3. Излучение Хокинга как спонтанная реактуализация

Излучение Хокинга в ODTOE — *стохастическая реактуализация* элементов \mathcal{H} вблизи горизонта. Стохастический шум $D(\eta) = D_0(1 - S)$ [1] вблизи горизонта ($S \rightarrow 0$) максимален: $D(\eta) \rightarrow D_0$. Это означает, что флуктуации велики, и с конечной вероятностью элементы \mathcal{H} спонтанно актуализируются в \mathcal{C} — «выскакивают» из потенциальности.

Температура Хокинга в ODTOE связана со стохастическим шумом на горизонте:

$$T_H \propto D(\eta)|_{\text{горизонт}} = D_0(1 - S_{\text{горизонт}}) \quad (\text{IV.2})$$

При $S_{\text{горизонт}} \rightarrow 0$: $T_H \propto D_0$ — максимальная «шумность», максимальная температура (для малых чёрных дыр). При $S_{\text{горизонт}} \rightarrow 1$ (гипотетическая «когерентная» чёрная дыра): $T_H \rightarrow 0$ — нет излучения.

Рассмотрим механизм реактуализации подробнее. В стандартной квантовой теории поля на искривлённом фоне излучение Хокинга объясняется через рождение виртуальных пар частица-античастица вблизи горизонта. Один член пары падает внутрь горизонта (отрицательная энергия), другой улетает на бесконечность (положительная энергия). Этот процесс целиком описывается в \mathcal{C} .

В ODTOE механизм принципиально иной. Вблизи горизонта когерентность $S \rightarrow 0$, и стохастический шум $D(\eta) \rightarrow D_0$ максимален. Элементы $\Psi \in \mathcal{H}$ — потенциальные состояния — флуктуируют. С конечной вероятностью $p \propto D(\eta)$ элемент Ψ спонтанно актуализируется:

$$\Psi \in \mathcal{H} \xrightarrow{D(\eta)} \mathcal{C} \in \mathcal{C} \quad (\text{IV.2a})$$

Реактуализированная конфигурация C оказывается вне горизонта (поскольку актуализация происходит в области, доступной внешнему \hat{O}) и регистрируется как частица излучения Хокинга.

Ключевое отличие от стандартного механизма: в ОДТОЕ нет «виртуальной пары», один член которой «падает внутрь». Есть единый процесс: элемент \mathcal{H} , ранее деконфигурированный чёрной дырой, спонтанно реактуализируется вовне. Это объясняет, почему реактуализированные частицы *несут корреляции*: они возникают из того же $\Psi \in \mathcal{H}$, который был деконфигурирован, и сохраняют связи с другими элементами \mathcal{H} через несепарабельность пространства потенциальности.

Вероятность реактуализации можно оценить. Пусть $\Gamma_{\text{реакт}}$ — темп реактуализации на единицу площади горизонта. В ОДТОЕ:

$$\Gamma_{\text{реакт}} \propto D(\eta)|_{\text{горизонт}} \cdot \rho_{\mathcal{H}} \quad (\text{IV.2b})$$

где $\rho_{\mathcal{H}}$ — плотность элементов \mathcal{H} вблизи горизонта (число деконфигурированных элементов на единицу «площади» в \mathcal{H}). Для чёрной дыры массы M площадь горизонта $A = 16\pi G^2 M^2 / c^4$, и полная мощность излучения:

$$P_{\mathcal{H}} = \Gamma_{\text{реакт}} \cdot A \cdot \langle E_{\text{частица}} \rangle \quad (\text{IV.2c})$$

где $\langle E_{\text{частица}} \rangle \sim k_B T_H$ — средняя энергия реактуализированной частицы. Подстановка $T_H \propto 1/M$ и $A \propto M^2$ даёт $P_{\mathcal{H}} \propto 1/M^2$ — в точности формула Хокинга для мощности излучения. Таким образом, механизм стохастической реактуализации количественно воспроизводит результат Хокинга, но с иной физической интерпретацией.

Дополнительное следствие: поскольку реактуализация стохастична, а не детерминистична, спектр излучения содержит шум сверх теплового. Этот шум — не помеха, а носитель информации: флуктуации в спектре отражают корреляции между элементами \mathcal{H} . Обнаружение характерного «информационного шума» в спектре Хокинга (отличимого от теплового шума) стало бы экспериментальным подтверждением ОДТОЕ.

IV.4. Несёт ли излучение Хокинга информацию? Кривая Пейджа в ОДТОЕ

В стандартной формулировке — нет (тепловой спектр). В ОДТОЕ — да, но в закодированной форме. Спонтанно реактуализированные элементы $\Psi \in \mathcal{H}$ несут корреляции с исходной конфигурацией, поскольку \mathcal{H} несепарабелен: элементы, бывшие частью одной конфигурации $C_{\text{звезда}}$, сохраняют запутанность через формулу энтропии [13]:

$$S(\rho_{\text{вн}}) = -\text{Tr}(\rho_{\text{вн}} \log \rho_{\text{вн}}) > 0 \quad (\text{IV.3})$$

Информация «выходит» из чёрной дыры не через классический канал, а через корреляции в \mathcal{H} — тот же механизм, что и в квантовой запутанности [14].

Кривая Пейджа [23] — зависимость энтропии запутанности излучения от времени — естественно воспроизводится в ODTOE. Рассмотрим испарение чёрной дыры поэтапно.

Ранняя стадия (масса чёрной дыры $M \gg M_{\text{Пл}}$). Горизонт велик, когерентность на горизонте $S_{\text{горизонт}} \approx 0$. Стохастическая реактуализация порождает частицы, слабо коррелированные друг с другом: каждая частица возникает из «своего» элемента \mathcal{H} , связи между элементами ещё не проявлены. Спектр излучения близок к тепловому. Энтропия запутанности между излучением и чёрной дырой растёт:

$$S_{\text{запут}}(t) \approx S_{\text{ВН}}(t) \quad \text{при } t \ll t_{\text{Page}} \quad (\text{IV.3a})$$

Время Пейджа (масса чёрной дыры уменьшилась примерно вдвое). Число реактуализированных элементов \mathcal{H} сравнимо с числом оставшихся. Корреляции между ранее излучёнными и ещё не излучёнными частицами становятся существенными — несепарабельность \mathcal{H} начинает проявляться. Энтропия запутанности достигает максимума:

$$S_{\text{запут}}^{\text{max}} = S_{\text{ВН}}(t_{\text{Page}}) \approx \frac{1}{2} S_{\text{ВН}}(0) \quad (\text{IV.3b})$$

Поздняя стадия (масса чёрной дыры $M \rightarrow 0$). Чёрная дыра мала, большинство элементов \mathcal{H} уже реактуализированы. Каждая новая реактуализированная частица сильно коррелирована с уже излучёнными — корреляции в \mathcal{H} «вскрываются». Излучение всё более отклоняется от теплового спектра. Энтропия запутанности убывает:

$$S_{\text{запут}}(t) \rightarrow 0 \quad \text{при } t \rightarrow t_{\text{испар}} \quad (\text{IV.3c})$$

После полного испарения $S_{\text{запут}} = 0$ — излучение находится в чистом состоянии. Унитарность сохранена.

Таким образом, кривая Пейджа в ODTOE — не постулат и не результат сложных вычислений в AdS/CFT, а прямое следствие несепарабельности \mathcal{H} : на ранних стадиях корреляции скрыты, на поздних — проявляются.

IV.5. Файрволл-парадокс и его разрешение

Парадокс файрволла (AMPS) [7] — один из наиболее острых вызовов физике чёрных дыр. Рассмотрим его подробно.

Алмхейри, Марольф, Полчински и Салли (2013) показали, что три общепринятых постулата несовместимы:

1. **Унитарность:** информация сохраняется при испарении (процесс описывается S-матрицей).

2. **Полуклассичность снаружи:** квантовая теория поля на искривлённом фоне корректно описывает физику вне горизонта.
3. **Эквивалентность:** падающий наблюдатель не испытывает ничего особенного при пересечении горизонта (принцип эквивалентности ОТО).

Аргумент AMPS можно изложить пошагово:

1. Пусть чёрная дыра старше времени Пейджа. Излучение, испущенное ранее ($R_{\text{ранн}}$), находится в чистом состоянии, запутанном с оставшейся частью чёрной дыры (BH): $S(R_{\text{ранн}}) = S(BH)$.
2. Рассмотрим вновь излучаемую частицу b и её «партнёра» за горизонтом \tilde{b} . Полуклассическое вычисление требует, чтобы b и \tilde{b} были максимально запутаны (вакуумное состояние Унру).
3. Унитарность требует, чтобы b была запутана с $R_{\text{ранн}}$ (иначе энтропия не убывает).
4. Моногамия запутанности: b не может быть максимально запутана одновременно с \tilde{b} и с $R_{\text{ранн}}$.
5. Следовательно, запутанность b – \tilde{b} должна быть разрушена, что означает высокоэнергетическое состояние на горизонте — **файрволл**.

Принцип эквивалентности нарушается: падающий наблюдатель встречает «стену огня» при пересечении горизонта.

Разрешение в ODTOE. Парадокс AMPS возникает в рамках конфигурационного реализма — предположения, что вся физика происходит в \mathcal{C} . В этом случае горизонт — физическая поверхность в \mathcal{C} , и «партнёр за горизонтом» — реальная конфигурация, с которой необходимо поддерживать запутанность.

В ODTOE горизонт — не физическая поверхность, а граница области определения конкретного \hat{O} . Это граница $I(\mathcal{C}) \rightarrow \infty$, то есть граница *наблюдаемости*, а не физический барьер. «Партнёр за горизонтом» не существует как конфигурация в \mathcal{C} — он деконфигурирован и вернулся в \mathcal{H} .

Три постулата AMPS переформулируются:

1. **Унитарность:** сохраняется автоматически — информация в \mathcal{H} , а \hat{D} инъективен (IV.2b).
2. **Полуклассичность:** справедлива в \mathcal{C} , где $S > 0$. Вблизи горизонта $S \rightarrow 0$, и полуклассическое приближение перестаёт быть точным.
3. **Эквивалентность:** сохраняется для падающего наблюдателя — его $\hat{O}_{\text{падающ}}$ не встречает барьера, поскольку $I(\mathcal{C})$ для него конечна.

Конфликт снимается, потому что ОДТОЕ *отвергает* неявную предпосылку AMPS: что «партнёр за горизонтом» \tilde{b} — конфигурация в \mathcal{C} . В действительности, \tilde{b} — элемент \mathcal{H} , деконфигурированный оператором \hat{D} . Моногамия запутанности — теорема квантовой механики, применимая к состояниям в \mathcal{C} (гильбертово пространство стандартной квантовой теории). Но \mathcal{H} — не гильбертово пространство квантовой механики; это пространство потенциальных состояний с иной (более богатой) структурой связей. Моногамия запутанности в \mathcal{C} не накладывает ограничений на корреляции между элементами \mathcal{C} и \mathcal{H} .

Иными словами: частица b (в \mathcal{C}) может быть одновременно коррелирована с $R_{\text{ранн}}$ (в \mathcal{C}) и с \tilde{b} (в \mathcal{H}), поскольку второй тип корреляции — не «запутанность» в стандартном квантово-механическом смысле, а *связь через потенциальность* — другой вид связи, не подчиняющийся моногамии.

Таким образом, файрволла не существует: горизонт гладок для падающего наблюдателя, информация сохраняется для внешнего, и моногамия запутанности не нарушается, поскольку одна из «запутанных сторон» находится не в \mathcal{C} , а в \mathcal{H} .

Подведём итог разрешения файрволл-парадокса в табличной форме:

Постулат AMPS	Стандартный конфликт	Статус в ОДТОЕ
Унитарность	Требует корреляций в излучении	Выполняется: \hat{D} инъективен
Полуклассичность сна-ружи	Требует тепловой спектр	Приближение при $S > 0$; нарушается при $S \rightarrow 0$
Эквивалентность на горизонте	Несовместима с файрволлом	Выполняется: $I(\mathcal{C})$ конечна для падающего
Моногамия запутанности	Запрещает двойную запутанность	Не применима: одна сторона в \mathcal{H} , не в \mathcal{C}

V. ОТЛИЧИЯ ОТ КЛАССИЧЕСКОГО ВЗГЛЯДА

V.1. Сводная таблица

Аспект	ОТО + КМ (классика)	ОДТОЕ
Чёрная дыра — это...	Область пространства-времени с экстремальной кривизной	Область доминирования \hat{D} — оператора деконфигурации
Горизонт — это...	Поверхность, откуда свет не может покинуть	Граница $I(\mathcal{C}) \rightarrow \infty$ для внешнего \hat{O}
Сингулярность — это...	Точка бесконечной кривизны (разрыв теории)	Область $S = 0$: бесконечное число описаний, ни одно не привилегировано

Информация при падении...	Парадокс: уничтожается? сохраняется?	Возвращается в \mathcal{H} , откуда была актуализирована
Излучение Хокинга...	Тепловое, не несёт информации	Спонтанная реактуализация из \mathcal{H} с корреляциями
TDE (поглощение звезды)... Файрволл...	Приливное разрушение + аккреция Парадокс: гладкий или раскалённый?	Каскадная деконфигурация $C_{\text{звезда}} \rightarrow \Psi \in \mathcal{H}$ Не возникает: горизонт — граница $I(C)$, не физический барьер
Пространство-время...	Фундаментально, искривляется массой	Конфигурация при $S \rightarrow 1$; вблизи дыры $S \rightarrow 0$ — геометрия теряет смысл

V.2. Ключевое концептуальное отличие

Классическая физика рассматривает чёрную дыру как объект, *разрушающий* структуру. OДТОЕ рассматривает чёрную дыру как процесс, *возвращающий* структуру в потенциальность. Разрушение и возврат — принципиально разные концепции:

- Разрушение необратимо и ведёт к потере информации.
- Возврат обратим (в принципе) и сохраняет информацию в \mathcal{H} .

Аналогия: ледяная скульптура тает. С точки зрения скульптора — разрушение (форма утрачена). С точки зрения воды — возврат в жидкое состояние (молекулы те же, информация о связях сохранена в потенциальности, из воды можно снова заморозить скульптуру). Чёрная дыра «плавит» конфигурации обратно в «воду» \mathcal{H} .

VI. КОСМОЛОГИЧЕСКИЕ СЛЕДСТВИЯ

VI.1. Большой взрыв как обратный процесс

Если чёрная дыра — оператор деконфигурации ($C \rightarrow \mathcal{H}$), то Большой взрыв — предельный оператор конфигурации ($\mathcal{H} \rightarrow C$): массовая актуализация из потенциальности. Вселенная рождается как акт наблюдения максимального масштаба [15].

Чёрные дыры и Большой взрыв — два полюса одного процесса: конфигурация \boxtimes деконфигурация. Вселенная дышит: $\mathcal{H} \xrightarrow{\text{Big Bang}} C \xrightarrow{\text{Black Holes}} \mathcal{H}$.

В OДТОЕ начальное состояние Вселенной соответствует $S = 0$ — состояние максимальной потенциальности и нулевой когерентности. Все конфигурации

находятся в \mathcal{H} , ни одна не актуализирована. Число одновременных описаний $N_{\text{theories}} \rightarrow \infty$ — никакая теория не применима (отсюда «сингулярность» Большого взрыва в ОТО: теория ломается, поскольку она — одна из бесконечного множества).

Инфляционная стадия [15] в ОДТОЕ интерпретируется как *волна быстрой актуализации*: переход от $S = 0$ к $S > 0$ сопровождается экспоненциальным ростом числа актуализированных конфигураций. «Раздувание» пространства — следствие массовой актуализации: каждая новая конфигурация «занимает место» в \mathcal{C} , расширяя его:

$$\frac{d|\mathcal{C}|}{dt} \propto \frac{dS}{dt} \cdot N_{\text{потенц}} \quad (\text{VI.1})$$

где $|\mathcal{C}|$ — «объём» конфигурационного пространства (аналог масштабного фактора), а $N_{\text{потенц}}$ — число элементов \mathcal{H} , доступных для актуализации. При $S \approx 0$ практически все элементы доступны, и скорость расширения максимальна — экспоненциальная инфляция. По мере роста S число «свободных» элементов убывает, и расширение замедляется до степенного закона (стандартная космология Фридмана).

Окончание инфляции (reheating) в ОДТОЕ — момент, когда первичные конфигурации достигают достаточной когерентности для формирования устойчивых структур (элементарные частицы, ядра). В этот момент S переходит через критическое значение $S_{\text{крит}}$, при котором время жизни конфигурации (по формуле P3) становится макроскопическим. До этого момента конфигурации «мерцают» — актуализируются и деконфигурируются слишком быстро для формирования устойчивого мира. После $S > S_{\text{крит}}$ — стабилизируются, и начинается обычная космологическая эволюция.

Замечательно, что в этой картине тепловое равновесие ранней Вселенной (проблема горизонта) разрешается естественно: при $S \approx 0$ все элементы \mathcal{H} связаны (несепарабельность), и корреляции между удалёнными областями — не результат каузального контакта, а свойство пространства потенциальности.

VI.2. Чёрная дыра как «рециклер» конфигураций

В экологии существует понятие круговорота веществ: от неорганических \boxtimes к органическим \boxtimes обратно. В ОДТОЕ чёрные дыры выполняют аналогичную функцию для конфигураций: они возвращают «отработанные» конфигурации в \mathcal{H} , освобождая «ресурс потенциальности» для новых актуализаций. Вселенная без чёрных дыр «забилась бы» устаревшими конфигурациями с высокой инерцией.

Эта аналогия может быть формализована. Определим *конфигурационный баланс* Вселенной:

$$\frac{d|\mathcal{C}|}{dt} = \Gamma_{\text{актуал}} - \Gamma_{\text{деконф}} \quad (\text{VI.1a})$$

где $\Gamma_{\text{актуал}}$ — темп актуализации (создание новых конфигураций наблюдате-

лями), а $\Gamma_{\text{деконф}}$ — темп деконфигурации (возврат конфигураций чёрными дырами). В стационарном состоянии $\Gamma_{\text{актуал}} \approx \Gamma_{\text{деконф}}$, и «объём» \mathcal{C} стабилен. Рост числа чёрных дыр со временем (по мере эволюции галактик) увеличивает $\Gamma_{\text{деконф}}$, что может компенсировать рост $\Gamma_{\text{актуал}}$ от увеличения числа наблюдателей. Это динамическое равновесие — космологический аналог гомеостаза.

VI.3. Почему чёрные дыры в центрах галактик

Сверхмассивные чёрные дыры (10^6 – $10^{10} M_{\odot}$) обнаружены в центрах практически всех крупных галактик [16]. В ОДТОЕ: центр галактики — область максимальной плотности наблюдателей (звёзд). Максимальная коллективная когерентность $P_{\text{колл}}$ [1] создаёт максимальный градиент $\nabla U(\mathcal{C})$ — и, следовательно, максимальную скорость переконфигурации. Чёрная дыра — «точка сброса»: туда, где конфигурационное давление максимально, направлен поток деконфигурации.

VI.4. Тёмная энергия как давление потенциальности

Ускоренное расширение Вселенной, обнаруженное в 1998 году [25], объясняется в стандартной космологии введением космологической постоянной Λ или тёмной энергии — компоненты с отрицательным давлением. Природа тёмной энергии остаётся одной из главных загадок физики.

В ОДТОЕ предлагается следующая интерпретация (спекулятивная, но формально обоснованная). Пространство потенциальности \mathcal{H} «оказывает давление» на конфигурационное пространство \mathcal{C} . Неактуализированные элементы \mathcal{H} стремятся к актуализации — это создаёт эффективное давление, расширяющее \mathcal{C} :

$$P_{\mathcal{H}} \propto |\mathcal{H}| - |\mathcal{C}| = N_{\text{потенц}} - N_{\text{актуал}} \quad (\text{VI.2})$$

Поскольку $|\mathcal{H}| \gg |\mathcal{C}|$ (потенциальных состояний несоизмеримо больше, чем актуализированных), давление всегда положительно и приводит к расширению. Это объясняет наблюдаемые свойства тёмной энергии:

- *Постоянство во времени:* $|\mathcal{H}|$ практически не меняется (возврат конфигураций через чёрные дыры компенсирует актуализацию), поэтому $P_{\mathcal{H}} \approx \text{const}$ — аналог космологической постоянной.
- *Малость:* $P_{\mathcal{H}}$ определяется разностью $|\mathcal{H}| - |\mathcal{C}|$, которая при $|\mathcal{H}| \rightarrow \infty$ и $|\mathcal{C}| \rightarrow \infty$ может быть конечной и малой — это объясняет аномально малость космологической постоянной ($\Lambda \sim 10^{-122}$ в планковских единицах).
- *Отрицательное давление:* в стандартной космологии тёмная энергия обладает уравнением состояния $w = p/\rho \approx -1$. В ОДТОЕ давление потенциальности $P_{\mathcal{H}}$ действует не как обычное давление вещества (сжатие), а как «расталкивание» конфигураций — расширение \mathcal{C} . Это естественно соответствует $w < 0$.

Проверяемое следствие: если тёмная энергия связана с давлением \mathcal{H} , её плотность должна быть связана с темпом деконфигурации (активностью чёрных дыр) в наблюдаемой Вселенной. Эпохи высокой активности AGN (active galactic nuclei) должны коррелировать с изменениями в темпе расширения — хотя эффект может быть слишком мал для наблюдения современными средствами.

Данная интерпретация является спекулятивной и требует количественной разработки. Однако она иллюстрирует продуктивность рамки ODTOE: фундаментальная загадка (природа тёмной энергии) получает концептуально ясное объяснение. Если эта интерпретация верна, тёмная энергия — не экзотическая субстанция и не свойство вакуума, а проявление фундаментальной асимметрии между \mathcal{H} и \mathcal{C} : потенциальность всегда «больше» актуальности, и этот избыток проявляется как расширение.

VI.5. Гравитационно-волновая астрономия: слияние чёрных дыр как композиция операторов \hat{D}

Наблюдения LIGO/Virgo/KAGRA [5] зарегистрировали десятки событий слияния чёрных дыр. В ОТО слияние описывается как процесс объединения двух горизонтов в один, сопровождающийся излучением гравитационных волн и потерей массы-энергии.

В ODTOE слияние двух чёрных дыр — композиция двух операторов деконфигурации:

$$\hat{D}_{\text{слияние}} = \hat{D}_1 \oplus \hat{D}_2 \rightarrow \hat{D}_{12} \quad (\text{VI.3})$$

Объединённый оператор \hat{D}_{12} не является простой «суммой» исходных: при слиянии часть конфигураций, ранее деконфигурированных \hat{D}_1 и \hat{D}_2 по отдельности, «высвобождается» — реактуализируется. Эта высвобождённая конфигурационная энергия и есть гравитационные волны.

Процесс слияния можно разбить на три фазы (в соответствии с наблюдаемой гравитационно-волновой формой):

- *Inspiral (сближение)*: два оператора \hat{D}_1 и \hat{D}_2 взаимодействуют на расстоянии. Их области действия перекрываются, и конфигурации между ними испытывают «двойную деконфигурацию» — ускоренный возврат в \mathcal{H} . Это соответствует нарастанию амплитуды и частоты гравитационных волн (чирп).
- *Merger (слияние)*: области действия полностью перекрываются, формируя единый \hat{D}_{12} . Перестройка границы $I(\mathcal{C}) \rightarrow \infty$ сопровождается максимальным высвобождением конфигурационной энергии — пик гравитационно-волнового сигнала.
- *Ringdown (затухание)*: объединённый \hat{D}_{12} «устаканивается» — его граница $I(\mathcal{C}) \rightarrow \infty$ приобретает стационарную форму (горизонт Керра). Осциллирующие квазинормальные моды — реликт перестройки оператора.

Гравитационное излучение при слиянии:

$$E_{\text{GW}} \propto (I(\hat{D}_1) + I(\hat{D}_2) - I(\hat{D}_{12})) \cdot c^2 \quad (\text{VI.4})$$

где $I(\hat{D})$ — «инерция» оператора деконфигурации (аналог массы чёрной дыры). Потеря инерции при слиянии соответствует наблюдаемому факту: масса объединённой чёрной дыры меньше суммы масс исходных (разница излучается в виде гравитационных волн). Для события GW150914 эта разница составила $\sim 3M_{\odot} \cdot c^2 \approx 5.4 \times 10^{54}$ эрг [5].

ODTOE предсказывает, что гравитационно-волновой сигнал слияния содержит информацию не только о массах и спинах (как в ОТО), но и о *когерентности* объединяющихся областей деконфигурации. Детекторы третьего поколения (Einstein Telescope, Cosmic Explorer) могут быть достаточно чувствительны для проверки этого предсказания [26].

Помимо слияний двойных чёрных дыр, гравитационно-волновая астрономия наблюдает слияния чёрная дыра — нейтронная звезда и двойные нейтронные звёзды. В ODTOE слияние нейтронной звезды с чёрной дырой — процесс, при котором высококогерентная конфигурация ($S_{\text{NS}} \approx 1$) поглощается оператором \hat{D} . В отличие от TDE (где звезда разрушается на большом расстоянии), нейтронная звезда — значительно более компактный и когерентный объект, и деконфигурация происходит непосредственно вблизи горизонта. Гравитационно-волновой сигнал должен нести отпечаток этой «последней» деконфигурации: обрыв приливного взаимодействия, отражающий переход $S \rightarrow 0$. Частота обрыва связана с размером нейтронной звезды и может быть использована для измерения уравнения состояния ядерной материи — одной из ключевых задач гравитационно-волновой астрономии [5].

Отдельный интерес представляют экстремальные соотношения масс (EMRI — extreme mass ratio inspiral): маломассивный компактный объект (нейтронная звезда или звёздная чёрная дыра) на орбите вокруг сверхмассивной чёрной дыры. Детектор LISA (запуск планируется в 2030-х годах) будет чувствителен именно к таким системам. В ODTOE EMRI — «медленная деконфигурация»: малый объект медленно приближается к области доминирования \hat{D} сверхмассивной чёрной дыры, и его когерентность снижается на каждом витке орбиты. Гравитационно-волновой сигнал EMRI несёт информацию о радиальном профиле \hat{D} — фактически, о форме функции $I(C, r)$ — что позволяет проверить формулу (II.2c) с высокой точностью.

VII. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО ПРОВЕРЯЕМЫЕ ПРЕДСКАЗАНИЯ

1. **Корреляции в излучении Хокинга.** ODTOE предсказывает, что излучение Хокинга не строго тепловое, а содержит корреляции, отражающие структуру \mathcal{H} . Обнаружение таких корреляций (отклонение от планковского спектра) подтвердит предсказание. Практически: требуется анализ спектра изолированных чёрных дыр с чувствительностью, пока недоступной [2].

2. **Иерархия задержек в TDE.** Формула (III.2) предсказывает, что элементы с разной инерцией деконфигурируются с разной скоростью. Тяжёлые элементы (железо, никель) должны демонстрировать задержку в спектре TDE относительно лёгких (водород, гелий). Наблюдение задержанных радиоджетов [11] согласуется с этим предсказанием.
3. **Зависимость T_H от когерентности окружения.** Формула (IV.2) предсказывает, что чёрная дыра в высококогерентной среде (вблизи компактного звёздного скопления, $S_{\text{окр}} > 0$) должна иметь более низкую эффективную температуру Хокинга, чем изолированная чёрная дыра. Проверка требует сравнения спектральных характеристик чёрных дыр в плотных и разреженных средах.
4. **Кольцевая структура тени.** Если горизонт — граница $I(C) \rightarrow \infty$, то вблизи горизонта должна наблюдаться *градиентная* структура (постепенное нарастание I), а не резкая граница. Изображения ЕНТ [4] показывают именно такую картину: размытое кольцо, а не чёткий край.
5. **Затухание энергии QPE-серий.** Формулы (III.4) и (III.5) предсказывают, что энергия последовательных квазипериодических вспышек от одного источника должна монотонно убывать, а спектр — смягчаться. Систематический анализ данных eROSITA и будущих наблюдений ATHENA может проверить это предсказание [19].
6. **Гравитационно-волновая «память когерентности».** Формула (VI.4) предсказывает, что гравитационно-волновой сигнал от слияния чёрных дыр содержит тонкую структуру, связанную с когерентностью областей деконфигурации. Это может проявляться как отклонение от предсказаний ОТО в фазе кольцадаун (ringdown), регистрируемое детекторами третьего поколения [26].
7. **Профиль $I(C, r)$ по данным EMRI.** Гравитационно-волновые наблюдения систем с экстремальным соотношением масс (EMRI) детектором LISA позволят восстановить радиальный профиль инерции конфигурации $I(C, r)$ вблизи сверхмассивных чёрных дыр и сравнить его с предсказанием формулы (II.2c).
8. **Тёмная энергия и активность AGN.** Если тёмная энергия связана с давлением потенциальности (формула VI.2), её эффективная плотность должна (слабо) коррелировать с суммарной активностью чёрных дыр во Вселенной. Эпохи высокой активности AGN (пик при $z \sim 2$) должны сопровождаться измеримым (хотя, вероятно, малым) изменением темпа расширения. Проверка требует прецизионных космологических данных (DESI, Euclid, Roman Space Telescope).

VIII. ОБСУЖДЕНИЕ И ОГРАНИЧЕНИЯ

1. *Оператор \hat{D} не определён формально.* Формула (II.1) вводит \hat{D} как «предельную ι », но строгое математическое определение (область определения,

свойства непрерывности, спектр) требует дополнительной разработки.

2. *Связь с ОТО.* Формула (II.2) утверждает $I(C) \rightarrow \infty$ на горизонте. Формальный вывод этого предела из уравнений Эйнштейна в рамках ОДТОЕ не проведён. Необходимо установить точное отображение между $I(C)$ и метрическим тензором $g_{\mu\nu}$.
3. *Наблюдательные ограничения.* Излучение Хокинга для астрофизических чёрных дыр ($M \gg M_{\odot}$) ненаблюдаемо мало ($T_H \sim 10^{-8}$ К для $M = M_{\odot}$). Проверка предсказаний раздела VII возможна только для экстремально малых чёрных дыр или через аналоговые модели [17].
4. *Статус «возврата» в \mathcal{H} .* Утверждение, что деконфигурация «возвращает» информацию в \mathcal{H} , опирается на онтологический статус \mathcal{H} как фундаментального пространства. Если \mathcal{H} — лишь математическая конструкция (инструменталистская позиция), «возврат» теряет физический смысл.
5. *Количественные предсказания.* Ряд формул в настоящей работе (II.2b, III.3a, VI.2) содержат неопределённые пропорциональности (\propto) или оценки порядка величины. Для полноценной предсказательной теории необходимо вывести точные коэффициенты из первых принципов ОДТОЕ, что требует более глубокой математической разработки.
6. *Вращающиеся и заряженные чёрные дыры.* Настоящая работа сосредоточена на невращающихся незаряженных чёрных дырах (метрика Шварцшильда). Обобщение на метрики Керра (вращение) и Райсснера-Нордстрёма (заряд) необходимо и может привести к новым предсказаниям, связанным с эргодической и суперрадиацией.
7. *Связь с квантовой гравитацией.* ОДТОЕ не является теорией квантовой гравитации в узком смысле: она не квантует метрический тензор и не вводит гравитон. Однако переинтерпретация горизонта как границы $I(C)$ и сингулярности как области $S = 0$ может быть совместима с подходами петлевой квантовой гравитации (где сингулярность также разрешается) и с голографическим принципом (который переинтерпретируется как свойство отображения $\mathcal{H} \rightarrow \mathcal{C}$). Установление формальных связей с этими подходами — задача будущих работ.

IX. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Чёрная дыра в ОДТОЕ — не монстр, пожирающий реальность. Это предельный механизм деконфигурации, возвращающий актуализированные конфигурации в пространство потенциальных состояний \mathcal{H} . Горизонт событий — граница инерции, а не физический барьер. Сингулярность — область нулевой когерентности, где ни одно описание не имеет преимущества. Информация не уничтожается — она возвращается туда, откуда была взята.

Приливное разрушение звезды — каскадная деконфигурация, при которой высококогерентная система последовательно «разбирается» на элементарные

составляющие. Энергия вспышки — мера утраченной когерентности. Излучение Хокинга — спонтанная реактуализация вблизи горизонта, несущая корреляции из \mathcal{H} .

Информационный парадокс разрешается через онтологический сдвиг: информация живёт не в конфигурационном пространстве \mathcal{C} , а в пространстве потенциальности \mathcal{H} . Деконфигурация инъективна и не уничтожает различий. Файрволл-парадокс снимается, поскольку горизонт — граница наблюдаемости, а не физическая поверхность. Кривая Пейджа воспроизводится через несепарабельность \mathcal{H} . Гипотеза космической цензуры Пенроуза получает естественное обоснование: область $S = 0$ не может быть доступна наблюдателю без промежуточной границы $I(\mathcal{C}) \rightarrow \infty$.

Квазипериодические вспышки (QPE) интерпретируются как повторная частичная деконфигурация, а гравитационные волны от слияния чёрных дыр — как высвобождение конфигурационной энергии при композиции операторов \hat{D} . Тёмная энергия получает концептуальную (хотя и спекулятивную) интерпретацию как давление пространства потенциальности на конфигурационное пространство.

Вселенная дышит: Большой взрыв — вдох ($\mathcal{H} \rightarrow \mathcal{C}$), чёрные дыры — выдох ($\mathcal{C} \rightarrow \mathcal{H}$). Ни один из процессов не уничтожает информацию — оба лишь перемещают конфигурации между двумя пространствами единой реальности.

Среди открытых вопросов: формализация оператора \hat{D} для вращающихся и заряженных чёрных дыр, вывод точных количественных предсказаний из первых принципов, установление связи с петлевой квантовой гравитацией и островными формулами, а также разработка экспериментальных тестов на основе данных EHT, LIGO/Virgo/KAGRA и будущих рентгеновских обсерваторий. Чёрные дыры — не конец физики, а окно в фундаментальную структуру реальности, где граница между актуальным и потенциальным становится наблюдаемой.

Наступающая эра многоканальной астрономии — электромагнитные наблюдения (EHT, eROSITA, ATHENA), гравитационно-волновые детекторы (LIGO/Virgo/KAGRA, LISA, Einstein Telescope) и нейтринные обсерватории — впервые предоставляет инструменты для проверки предсказаний, сформулированных в настоящей работе. Чёрная дыра в ODT0E — не математическая абстракция, а физический процесс с наблюдаемыми следствиями.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена без внешнего финансирования.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Панкратов А. С. Теория всего: наблюдатель-зависимая (Observer-Dependent Theory of Everything) // Препринт. — 2025. — 47 с.
- [2] Hawking S.W. Particle creation by black holes // Communications in Mathematical Physics. — 1975. — Vol. 43. — P. 199–220. — DOI: 10.1007/BF02345020.
- [3] Misner C.W., Thorne K.S., Wheeler J.A. Gravitation. — San Francisco: W. H. Freeman, 1973. — 1279 p.
- [4] Event Horizon Telescope Collaboration. First M87 Event Horizon Telescope Results. I. The Shadow of the Supermassive Black Hole // The Astrophysical Journal Letters. — 2019. — Vol. 875. — Art. L1. — DOI: 10.3847/2041-8213/ab0ec7.
- [5] Abbott B.P. et al. (LIGO/Virgo Collaboration). Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Merger // Physical Review Letters. — 2016. — Vol. 116. — Art. 061102. — DOI: 10.1103/PhysRevLett.116.061102.
- [6] Preskill J. Do Black Holes Destroy Information? // Proceedings of the International Symposium on Black Holes, Membranes, Wormholes and Superstrings. — Singapore: World Scientific, 1993. — P. 22–39.
- [7] Almheiri A., Marolf D., Polchinski J., Sully J. Black Holes: Complementarity vs. Firewalls // Journal of High Energy Physics. — 2013. — Vol. 2013. — Art. 62. — DOI: 10.1007/JHEP02(2013)062.
- [8] Rees M.J. Tidal disruption of stars by black holes of 10^6 – 10^8 solar masses in nearby galaxies // Nature. — 1988. — Vol. 333. — P. 523–528. — DOI: 10.1038/333523a0.
- [9] Gezari S. Tidal Disruption Events // Annual Review of Astronomy and Astrophysics. — 2021. — Vol. 59. — P. 21–58. — DOI: 10.1146/annurev-astro-111720-030029.
- [10] Hubble Observes New Tidal Disruption Event AT2024tvd // ESA/Hubble. — 2025. — URL: <https://esahubble.org/images/opo2515/>
- [11] ScienceDaily. Rogue black hole shocks astronomers with record radio blast. — 2025. — URL: <https://www.sciencedaily.com/releases/2025/10/251016223026.htm>
- [12] Панкратов А. С. Кинематограф реальности: информация, память и воспроизведение в ОДТОЕ // Препринт. — 2025.
- [13] Панкратов А. С. Атом как элементарная странная петля в наблюдатель-зависимой теории всего // Препринт. — 2025.
- [14] Панкратов А. С. Природа света и предельность скорости: переконфигурация без перемещения в ОДТОЕ // Препринт. — 2025.

- [15] Панкратов А. С. Квант, струна и все остальные: современные теории как конфигурации внутри ОДТОЕ // Препринт. — 2025.
- [16] Kormendy J., Ho L. C. Coevolution (Or Not) of Supermassive Black Holes and Host Galaxies // *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*. — 2013. — Vol. 51. — P. 511–653. — DOI: 10.1146/annurev-astro-082708-101811.
- [17] Barcelo C., Liberati S., Visser M. Analogue Gravity // *Living Reviews in Relativity*. — 2011. — Vol. 14. — Art. 3. — DOI: 10.12942/lrr-2011-3.
- [18] Penrose R. Gravitational collapse: the role of general relativity // *Rivista del Nuovo Cimento*. — 1969. — Vol. 1. — P. 252–276.
- [19] Miniutti G. et al. Nine-hour X-ray quasi-periodic eruptions from a low-mass black hole galactic nucleus // *Nature*. — 2019. — Vol. 573. — P. 381–384. — DOI: 10.1038/s41586-019-1556-x.
- [20] Susskind L., Thorlacius L., Uglum J. The Stretched Horizon and Black Hole Complementarity // *Physical Review D*. — 1993. — Vol. 48. — P. 3743–3761. — DOI: 10.1103/PhysRevD.48.3743.
- [21] 't Hooft G. Dimensional Reduction in Quantum Gravity // *Salamfestschrift: a collection of talks* / Eds. A. Ali et al. — Singapore: World Scientific, 1993. — P. 284–296. — arXiv: gr-qc/9310026.
- [22] Maldacena J.M. The Large N Limit of Superconformal Field Theories and Supergravity // *Advances in Theoretical and Mathematical Physics*. — 1998. — Vol. 2. — P. 231–252. — DOI: 10.4310/ATMP.1998.v2.n2.a1.
- [23] Page D.N. Information in Black Hole Radiation // *Physical Review Letters*. — 1993. — Vol. 71. — P. 3743–3746. — DOI: 10.1103/PhysRevLett.71.3743.
- [24] Maldacena J., Susskind L. Cool horizons for entangled black holes // *Fortschritte der Physik*. — 2013. — Vol. 61. — P. 781–811. — DOI: 10.1002/prop.201300020.
- [25] Riess A. G. 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.
- [26] Punturo M. et al. The Einstein Telescope: a third-generation gravitational wave observatory // *Classical and Quantum Gravity*. — 2010. — Vol. 27. — Art. 194002. — DOI: 10.1088/0264-9381/27/19/194002.