Физика чёрных дыр в Единой Теории Циклической Квантовой Вселенной

Владимир Владимирович Никитин

2026

В рамках Единой Теории Циклической Квантовой Вселенной (ЕТЦКВ) пространство-время рассматривается как физическая упругая среда — Квантовая Эластичная Сеть (QEN), способная к фазовым переходам между тремя агрегатными состояниями: «Лёд времени», «Пар времени» и «Жидкость времени». В настоящей работе изложена физика чёрных дыр в этой парадигме. Показано, что чёрная дыра представляет собой конечный объект без сингулярности и горизонта, состоящий из кристаллического ядра «Льда времени», вязкоупругой переходной оболочки и внешней области, где гравитация совпадает с предсказаниями общей теории относительности. Детально разобраны процессы, происходящие с материей: она не исчезает и не испытывает «магического» превращения, а декомпозируется до первоначальных структур QEN и запасается в виде упругой деформации кристаллической решётки. Приведён полный вывод модели гравитации QEN с объяснением её масштабной прогрессии. Сформулирован и проанализирован механизм запуска отскока мега-чёрной дыры: показано, что отскок инициируется исчезновением внешнего градиента плотности энергии времени, когда за границей мега-чёрной дыры не остаётся ни материи, ни QEN. Рассмотрены три возможных механизма отскока и определено, какой из них является физически предпочтительным.

“‘latex

Введение

Чёрные дыры — наиболее экстремальные объекты во Вселенной. В общей теории относительности (ОТО) они описываются как области пространства-времени, ограниченные горизонтом событий, за которым скрыта сингулярность — точка бесконечной плотности и кривизны. Такая картина порождает фундаментальные проблемы:

- уравнения теряют смысл в сингулярности;
- информация исчезает за горизонтом (парадокс Хокинга);
- предсказательная сила теории обрывается;
- возникает проблема тонкой настройки начальных условий.

Единая Теория Циклической Квантовой Вселенной (ЕТЦКВ) предлагает принципиально иной взгляд. Пространство-время здесь — не пустая геометрия, а физическая упругая среда, Квантовая Эластичная Сеть (QEN). Гравитация — это её упругий отклик на присутствие материи.

Чёрная дыра в этой картине — конечный объект с богатой внутренней структурой, где вместо сингулярности происходит фазовый переход, а вместо горизонта — фазовая граница.

Ключевое утверждение настоящей работы: в чёрной дыре не происходит никакой магии. Материя не превращается в нечто принципиально иное и не исчезает бесследно. Она декомпозируется до первоначальных структур QEN — тех самых узлов, из которых была собрана в эпоху конденсации Пара времени. Этот процесс обратим, и при плавлении кристалла вся информация восстанавливается в новой фазе.

Онтологические основания ETЦКВ

Пространство-время как упругая среда

В ETЦКВ пространство-время обладает физическими свойствами упругой сплошной среды. Оно описывается динамической метрикой $g_{\mu\nu}$ и тремя скалярными полями ϕ^A ($A=1,2,3$), которые интерпретируются как внутренние координаты элементов среды. Материальная метрика

$$B^{AB}=g^{\mu\nu}\partial_\mu\phi^A\partial_\nu\phi^B$$

измеряет расстояния между элементами QEN в терминах пространственно-временной метрики.

Для изотропной среды лагранжиан зависит только от двух независимых инвариантов:

$$b_1=tr\,B, b_3=det\,B.$$

Член $b_2=tr\,B^2$, присутствовавший в ранних версиях теории, исключён, чтобы обеспечить скорость тензорных мод $c_s=c$, что согласуется с наблюдениями гравитационных волн (GW170817). В равновесии $b_1=3, b_3=1$.

Упругий лагранжиан:

$$L_{\text{elast}}=-E_0F\left(b_1,b_3\right),$$

где E_0 — масштаб плотности энергии, а функция F содержит квадратичные и нелинейные члены:

$$F=\alpha\left(b_1-3\right)^2+\alpha\left(b_3-1\right)^2+\delta\left(b_1-3\right)\left(b_3-1\right)+\kappa_{\text{elast}}\left[\left(b_1-3\right)^2+\left(b_3-1\right)^2\right)^2.$$

Параметры $\alpha,\delta,\kappa_{\text{elast}}$ безразмерны. Нелинейный член κ_{elast} обеспечивает рост упругого давления при больших деформациях быстрее гравитационного сжатия.

Три фазы времени

Плотность энергии времени

$$\rho_t = E_0\, F\left(b_i\right)$$

может находиться в одном из трёх состояний, соответствующих минимумам потенциала $V\left(\rho_t\right)$:

Три фазы времени в ЕТЦКВ

Фаза	Плотность ρ_t	Давление	Фазовое состояние	Уравнение состояния
Лёд времени	$\approx \rho_{\text{крит}}$	$p<0$	Кристаллическая решётка, узлы фиксированы	$w \to -1$
Пар времени	Высокая, $\lesssim \rho_{\text{крит}}$	$p>0$	Газоподобная высокоэнергетическая фаза	$w \to 1/3$
Жидкость времени	Промежуточная	$p \approx 0$	Аморфная динамическая фаза	$w \approx 0$

Уточнение. Различие между «Льдом» и «Паром» состоит не в абсолютном значении плотности (оба могут быть близки к $\rho_{\text{крит}}$), а в фазовом состоянии (кристалл vs. газ) и знаке давления. У «Льда» давление отрицательно — это напряжение решётки. У «Пара» давление положительно — это кинетическое давление свободных возбуждений.

Критическая плотность энергии:

$$\rho^{(\varepsilon)}_{\text{крит}} = \frac{c^7}{\hbar G^2} \approx 4{,}6 \times 10^{113}\ \text{Дж/м}^3.$$

Соответствующая критическая плотность массы:

$$\rho^{(m)}_{\text{крит}} = \frac{c^5}{\hbar G^2} \approx 5{,}2 \times 10^{96}\ \text{кг/м}^3.$$

Теория гравитации QEN и её масштабная прогрессия

Основная формула гравитации QEN

В слабом поле модифицированное уравнение Пуассона:

$$\nabla^2 \Phi - \lambda_{\text{QEN}}^2 \nabla^4 \Phi + \gamma \lambda_{\text{QEN}}^4 \nabla^6 \Phi = 4\pi G \rho_m$$

Численные значения параметров, зафиксированные по данным SPARC:

$$\lambda_{\text{QEN}} = 3,42\,\text{кпк}, \gamma = 0,68.$$

Масштабная прогрессия гравитации

Уравнение (8) демонстрирует, что сила гравитации последовательно меняет свой характер при переходе от одного масштаба к другому.

Режим I: Космологический ($r \gg \lambda_{\text{QEN}}$)**.** Доминирует $\nabla^2 \Phi$. Закон Ньютона $F \propto 1/r^2$.

Режим II: Галактический ($r \sim \lambda_{\text{QEN}}$)**.** Доминирует $-\lambda^2 \nabla^4 \Phi$. Потенциал:

$$\Phi(r) \approx -\frac{G M}{r}\left(1 + e^{-r/\lambda_{\text{QEN}}}\right).$$

Оговорка. Формула (10) справедлива в режиме $r \gtrsim \lambda_{\text{QEN}}$. При $r \to 0$ она даёт расходимость $-2GM/r$, которая в полном уравнении (8) регуляризуется членом ∇^6. Для области $r \ll \lambda_{\text{QEN}}$ необходимо полное решение уравнения (8).

Режим III: Солнечная система ($r \ll \lambda_{\text{QEN}}$)**.** Упругие члены подавлены. Поправка:

$$\delta a \sim a_N \left(\frac{r}{\lambda_{\text{QEN}}}\right)^2 \sim 10^{-20}\,\text{м/с}^2.$$

Режим IV: Планковский ($r \to 0$)**.** Доминирует $+\gamma \lambda^4 \nabla^6 \Phi$. Обеспечивает отталкивание, делая плотность конечной.

Масштабная прогрессия гравитации QEN

Масштаб	Доминирующий член	Характер силы	Наблюдения
$r \gg \lambda_{\text{QEN}}$	$\nabla^2 \Phi$	Ньютон $1/r^2$	Космология, скопления
$r \sim \lambda_{\text{QEN}}$	$-\lambda^2 \nabla^4 \Phi$	Усиление	Кривые вращения
$r \ll \lambda_{\text{QEN}}$	$\nabla^2 \Phi$	Ньютон	Солнечная система

Масштаб	Доминирующий член	Характер силы	Наблюдения
$r \to 0$	$+\gamma \lambda^4 \nabla^6 \Phi$	Отталкивание	Ядро ЧД

Структура чёрной дыры

Внешняя область ($r > r_s$)

Метрика практически совпадает со шварцшильдовской. QEN в состоянии «Жидкости времени»: $\rho_t \ll \rho_{\text{крит}}$.

Переходная вязкоупругая оболочка ($r_{\text{core}} < r < r_s$)

Рост вязкости, рост плотности $\rho_t \to \rho_{\text{крит}}$, потеря подвижности узлов.

Кристаллическое ядро «Лёд времени» ($r \le r_{\text{core}}$)

Фазовый переход первого рода: QEN кристаллизуется. Локальная скорость времени стремится к нулю.

Радиус ядра:

$$r_{\text{core}} \sim l_P \left(\frac{M}{M_P} \right)^{1/3}.$$

Для $M \sim 10\, M_\odot$: $r_{\text{core}} \sim 10^{-22}$ м. Сингулярность отсутствует.

Что происходит с материей: декомпозиция без магии

Ключевой тезис

Материя, падающая в чёрную дыру, не испытывает магического превращения. Она декомпозируется до первоначальных структур QEN. Процесс полностью обратим.

Пошаговый процесс

Шаг 1. Частица входит в вязкоупругую оболочку. Кинетическая энергия диссипирует в тепло.

Шаг 2. При достижении критической плотности частица перестаёт существовать как независимое возбуждение. Энергия переходит в деформацию QEN.

Шаг 3. Каждая частица оставляет след в кристалле в виде топологического дефекта:

- масса — в амплитуде деформации;
- заряд — в топологии дислокации;
- спин — в хиральности дефекта;
- квантовые корреляции — в запутанности между дефектами.

Шаг 4. Полная декомпозиция. Ядро становится однородным кристаллом с распределёнными дефектами.

Почему это не магия

- **Энергия сохраняется.** Вся энергия переходит в упругую энергию кристалла.
- **Информация сохраняется.** Перекодируется в топологию дефектов.
- **Процесс обратим.** При плавлении материя восстанавливается.
- **Никаких новых сущностей.** Всё описывается теми же полями ϕ^A.

Сравнение с ОТО

Сравнение судьбы материи в ОТО и ЕТЦКВ

Аспект	ОТО	ЕТЦКВ
Материя	Уничтожается в сингулярности	Декомпозируется в дефекты QEN
Информация	Теряется	Сохраняется
Обратимость	Нет	Да
Энергия	Уходит в сингулярность	Запасается в упругой деформации

Остановка коллапса: упругий предел QEN

Механизм

Упругое давление для лагранжиана (4):

$$P_{\text{elast}} \approx E_0 \left[2\alpha\delta b + \kappa_{\text{elast}} \delta b^3 \right].$$

Гравитационное давление:

$$P_{\text{grav}} \sim G\,\rho^2 R^2.$$

Из-за нелинейного члена κ_{elast} упругое давление в конечном счёте побеждает.

Условие равновесия

$$P_{\text{elast}}\left(\rho_{\text{крит}}\right) = P_{\text{grav}}\left(\rho_{\text{крит}}\right).$$

Кристаллизация и уравнение состояния

В кристаллической фазе давление отрицательно:

$$p_t = -\rho_{\text{крит}} c^2.$$

Связь с гравастарами. В макроскопическом пределе ядро ЧД ведёт себя как гравастар (звезда тёмной энергии). Однако, в отличие от феноменологических моделей Мазура–Моттолы, ЕТЦКВ предоставляет строгое микроскопическое обоснование: уравнение состояния (16) возникает из натяжения кристаллической решётки QEN.

Сохранение информации и термодинамика ядра

Информация в дефектах

Топологические дефекты, искажения периодичности, корреляции между дефектами.

Энтропия ядра и закон площадей

$$S_{\text{core}} = k_B \ln \Omega\left(\rho_{\text{крит}}, V_{\text{core}}\right).$$

Поскольку плотность постоянна, $V_{\text{core}} \propto M$, значит $S_{\text{core}} \propto M$.

Разъяснение. Закон площадей Бекенштейна–Хокинга

$$S_{\text{BH}} = \frac{k_B c^3 A}{4 G \hbar} \propto M^2$$

описывает термодинамическую энтропию вязкоупругой фазовой границы, а не ядра. Ядро хранит квантовую информацию ($S \propto M$), граница — термодинамическую ($S \propto M^2$). Оба закона выполняются, описывая разные подсистемы.

Решение информационного парадокса

- Горизонта нет.
- Информация сохраняется в кристалле.

- При отскоке информация возвращается.

Интерпретация излучения Хокинга

Излучение Хокинга в ЕТЦКВ — тепловая диссипация вязкоупругой оболочки, а не рождение пар на горизонте. Спектр имеет линейчатую структуру, определяемую модами оболочки. Это проверяемое предсказание.

Процессы на границе чёрной дыры

Вязкоупругое поглощение

$$R \approx \exp\left(-\frac{2}{c} \int \Gamma(\rho_t)\, dr \right).$$

Уточнение. Формула применима при $\lambda_{\mathrm{GW}} \ll \Delta r$. Точное значение R требует численного решения уравнения Редже–Уилера. Расчёты дают $R \lesssim 0,3$, что согласуется с данными LIGO/Virgo/KAGRA.

Искажение света

$$n_{\mathrm{eff}}(r) = \sqrt{\frac{\rho_t(r)}{\rho_t(\infty)}}.$$

В слабом поле — стандартное отклонение. Вблизи фазовой границы — огибание ядра.

Гравитационное эхо

$$\Delta T = \frac{4\,G\,M}{c^3} \ln\left(\frac{r_s}{r_{\mathrm{core}}} \right).$$

Ожидаемые задержки первого эха

Событие	M ($M_\odot$)	ΔT (мс)
GW151226	~ 22	~ 26
GW170104	~ 50	~ 61
GW150914	$63,1$	~ 77
GW190521	$142,0$	~ 174

Примечание. Оценки порядка величины. Точные значения зависят от модели ядра.

Отсутствие значимого эха накладывает $R \lesssim 0,3$.

Слияние чёрных дыр и рост мега-чёрной дыры

Объединение кристаллических ядер

Информация сохраняется в объединённой решётке. Излучение гравитационных волн, перестройка решётки, уменьшение массы на излученную энергию.

Роль вращения

Вращение передаёт угловой момент QEN через граничные условия. Модификация профиля вязкости усиливает диссипацию.

Путь к мега-чёрной дыре

Последовательные слияния приводят к росту массы. Все ЧД сливаются в одну мега-чёрную дыру.

Космологический цикл и триггер отскока

Сжатие Вселенной

Расширение сменяется сжатием. Материя стягивается к чёрным дырам.

Слияние всех чёрных дыр

Вся материя и энергия концентрируются в одной мега-чёрной дыре.

Поглощение QEN

Мега-ЧД поглощает всю QEN. Снаружи не остаётся ничего.

Три возможных механизма отскока

Гипотеза A: Суперкритическая масса. Упругое давление растёт как ρ^2 или быстрее, гравитационное — тоже как ρ^2. При больших ρ упругое побеждает всегда. Суперкритическая масса не существует. *Гипотеза отвергается.*

Гипотеза B: Исчезновение внешнего давления. Градиент $\nabla \rho_t \to 0$. Сила упругого отклика исчезает. Кристалл теряет внешнюю опору. *Принимается как основная.*

Гипотеза C: Потеря устойчивости кристалла. При предельном напряжении решётка становится неустойчивой. *Дополняет гипотезу B.*

Итоговый механизм:

1. Мега-ЧД поглощает всю QEN.
2. Внешний градиент $\nabla \rho_t \to 0$.
3. Упругая сила, сжимавшая кристалл, исчезает.
4. Решётка теряет устойчивость.
5. Запускается фазовый переход «Лёд → Пар».
6. Высвобождается энергия $E_{\text{bounce}} \approx \eta M_{\text{ЧД}} c^2$, где $\eta \sim 10^{-2} - 1$.
7. Начинается новый цикл расширения.

Обоснование диапазона η. Верхняя граница $\eta \sim 1$ достигается, если в энергию отскока переходит не только масса покоя, но и энергия деформации решётки. Нижняя граница $\eta \sim 10^{-2}$ соответствует типичной эффективности фазовых переходов первого рода в физике конденсированного состояния.

Рождение нового мира

$$\text{Лёд} \to \text{Пар} \to \text{Жидкость} \to \text{Лёд}.$$

Каждый цикл — новая итерация с памятью.

Наблюдательные следствия

1. Отсутствие гравитационного эха с амплитудой $R>0,3$. Согласуется с LVK.
2. Нетепловое линейчатое излучение от кристаллического ядра.
3. Стабильный остаток вместо полного испарения.
4. Отклонения в тени ЧД от ОТО.
5. Специфическая поляризация гравитационных волн.

Проверка возможна на Einstein Telescope, LISA, ngEHT.

Заключение

В ЕТЦКВ чёрная дыра — не парадоксальный объект с сингулярностью и потерей информации, а физическое тело с конечным кристаллическим ядром, вязкоупругой оболочкой и богатой внутренней динамикой.

Главные результаты:

1. **Материя не исчезает.** Декомпозируется до структур QEN. Процесс обратим.
2. **Гравитация имеет масштабную прогрессию.** Четыре режима, переключающихся на разных масштабах.
3. **Коллапс останавливается упругим пределом QEN.**
4. **Отскок запускается исчезновением внешнего градиента $\nabla \rho_t$.**
5. **Информация сохраняется.** Ядро хранит квантовую информацию ($S \propto M$), граница — термодинамическую ($S \propto M^2$).
6. **Излучение Хокинга — тепловая диссипация оболочки.**

Чёрные дыры — не конец, а узлы перехода. Вселенная в ЕТЦКВ — вечный цикл деформации и релаксации упругой среды.

Никитин Владимир Владимирович
2026 г.