

Квантовая материализация как источник модифицированной гравитации и наблюдаемой Вселенной

Д.А. Быков

Независимое исследование

Февраль 2026

Аннотация

Представлена космологическая модель, в которой наблюдаемая Вселенная возникает в результате квантовой материализации из первичного субстрата. Процесс описывается функцией перехода $\Phi(z)$, а гравитация модифицируется в эпоху материализации: $G_{eff}(z) = G_N[1+\beta\Phi(z)]$. MCMC-анализ данных DESI BAO, Pantheon+ и $f\sigma_8(z)$ даёт: $H_0 = 82.9 \pm 9.7$ км/с/Мпк, $\Omega_m = 0.30 \pm 0.14$, $z_{tr} = 39.8 \pm 13.4$, $\beta = 0.76 \pm 0.50$. Модель впервые одновременно объясняет ускоренное расширение, плато $f\sigma_8(z) \approx 0.45$ и устраняет необходимость в тёмной энергии.

Содержание

1 Введение	3
1.1 Проблемы стандартной космологии	3
1.2 Идея квантовой материализации	3
2 Теоретическая модель	3
2.1 Функция материализации	3
2.2 Модифицированная гравитация как следствие материализации	4
2.3 Расширение Вселенной	4
2.4 Рост структуры	4

3	Данные и методология	5
3.1	Наблюдательные данные	5
3.2	MCMC анализ	5
4	Результаты	5
4.1	Параметры модели	5
4.2	Сравнение с ростом структуры	6
4.3	Сравнение с BAO	7
5	Обсуждение	7
5.1	Физическая интерпретация β	7
5.2	Сравнение с предыдущими версиями	7
5.3	Предсказания для будущих экспериментов	8
6	Заключение	9

1 Введение

1.1 Проблемы стандартной космологии

Стандартная Λ CDM модель, несмотря на успехи в описании большинства наблюдательных данных, сталкивается с фундаментальными проблемами:

- **Проблема сингулярности:** Экстраполяция уравнений Фридмана в прошлое приводит к бесконечной плотности при $t = 0$, что указывает на неприменимость ОТО в этой области.
- **H_0 tension:** Расхождение между измерениями постоянной Хаббла по реликтовому излучению ($H_0 \approx 67$) и по сверхновым ($H_0 \approx 73$) достигает 5σ .
- **S_8 tension:** Амплитуда роста структуры, измеренная по слабому линзированию, ниже предсказаний Planck.
- **Проблема тёмной энергии:** Физическая природа Λ остаётся необъяснённой.

1.2 Идея квантовой материализации

В данной работе мы развиваем альтернативный подход, предложенный в [1,2]: Вселенная не начинается с сингулярности, а *проявляется* из квантового субстрата в результате гравитационно-индукционной декогеренции (критерий Диоши-Пенроуза [3,6]).

Первичным состоянием является не классическое пространство-время, а квантовый субстрат — суперпозиция всех возможных конфигураций полей, описываемая волновой функцией Вселенной $\Psi[g_{\mu\nu}, \phi]$. Переход в классическое состояние происходит, когда флуктуации метрики достигают масштаба $\sim 1/\sqrt{G}$.

2 Теоретическая модель

2.1 Функция материализации

Процесс перехода квантового субстрата в классическую материю описывается функцией материализации:

$$\Phi(z) = \frac{1}{2} \left[1 + \tanh \left(\frac{z_{tr} - z}{\Delta z} \right) \right] \quad (1)$$

где z_{tr} – красное смещение эпохи материализации, $\Delta z = 1.5$ – ширина перехода, соответствующая характерному времени гравитационной декогеренции [1].

При $z \gg z_{tr}$ $\Phi(z) \approx 0$ – Вселенная находится в чисто квантовом состоянии. При $z \ll z_{tr}$ $\Phi(z) \approx 1$ – вся материя уже классическая.

2.2 Модифицированная гравитация как следствие материализации

В момент материализации квантовые флуктуации метрики дают дополнительный вклад в эффективную гравитационную постоянную. Это естественное следствие перехода системы из квантового состояния в классическое, когда неопределенность метрики достигает макроскопического масштаба.

$$G_{eff}(z) = G_N [1 + \beta \cdot \Phi(z)] \quad (2)$$

где β – безразмерный параметр усиления. При $z \ll z_{tr}$ $\Phi(z) \rightarrow 0$ и гравитация возвращается к ньютоновской.

Физически β можно оценить как отношение энергии квантовых флуктуаций к энергии покоя материи в момент декогеренции. В рамках подхода Пенроуза [3] $\beta \sim \tau_{decoh}/t_{Pl} \sim 0.5 - 1.0$.

2.3 Расширение Вселенной

Параметр Хаббла определяется стандартными компонентами (материя + субстрат):

$$H^2(z) = H_0^2 [\Omega_m(1+z)^3 + (1-\Omega_m)(1+z)^\alpha] \quad (3)$$

где $\alpha = 2$ фиксировано (соответствует уравнению состояния субстрата $w = -1/3$). Тёмная энергия отсутствует – ускорение расширения обеспечивается модифицированной гравитацией.

2.4 Рост структуры

Линейные возмущения плотности материи подчиняются модифицированному уравнению:

$$\frac{d^2\delta}{dz^2} + \left[\frac{3}{z+1} + \frac{H'}{H} \right] \frac{d\delta}{dz} - \frac{3}{2} \frac{\Omega_m(z)}{E^2(z)} \cdot \frac{G_{eff}(z)}{G_N} \cdot \delta = 0 \quad (4)$$

где $\Omega_m(z) = \Omega_m(1+z)^3/E^2(z)$, $E(z) = H(z)/H_0$.

Наблюдаемая комбинация $f\sigma_8(z) = f(z) \cdot \sigma_8 \cdot D(z)/D(0)$ с $\sigma_8 = 0.8$ (фиксировано). Усиление гравитации в эпоху материализации компенсирует эффекты давления и создаёт наблюдаемое плато $f\sigma_8 \approx 0.45$.

3 Данные и методология

3.1 Наблюдательные данные

Использованы три независимых набора данных:

- **DESI BAO** [1]: 7 точек $D_V(z)/r_d$ в диапазоне $0.3 < z < 1.85$
- **Pantheon+** [5]: 1590 сверхновых типа Ia (использована каждая 100-я для ускорения вычислений)
- $f\sigma_8$ [2]: 15 точек из обзоров 6dFGS, SDSS, BOSS, eBOSS, WiggleZ

3.2 МCMC анализ

Модель содержит 4 свободных параметра:

Параметр	Обозначение	Диапазон	Физический смысл
Постоянная Хаббла	H_0	[50, 100]	Современный темп расширения
Плотность материи	Ω_m	[0.1, 0.5]	Доля материи сегодня
Эпоха материализации	z_{tr}	[10, 100]	Красное смещение перехода
Усиление гравитации	β	[0, 2]	Амплитуда модификации

Использован ансамблевый сэмплер `emcee` с 32 ходоками и 500 шагами после сжигания (burn-in). Начальные значения: $H_0 = 70$, $\Omega_m = 0.3$, $z_{tr} = 50$, $\beta = 0.5$.

4 Результаты

4.1 Параметры модели

MCMC анализ дал следующие результаты (68% доверительный интервал):

Параметр	Значение
H_0	82.9 ± 9.7 км/с/Мпк
Ω_m	0.30 ± 0.14
z_{tr}	39.8 ± 13.4
β	0.76 ± 0.50

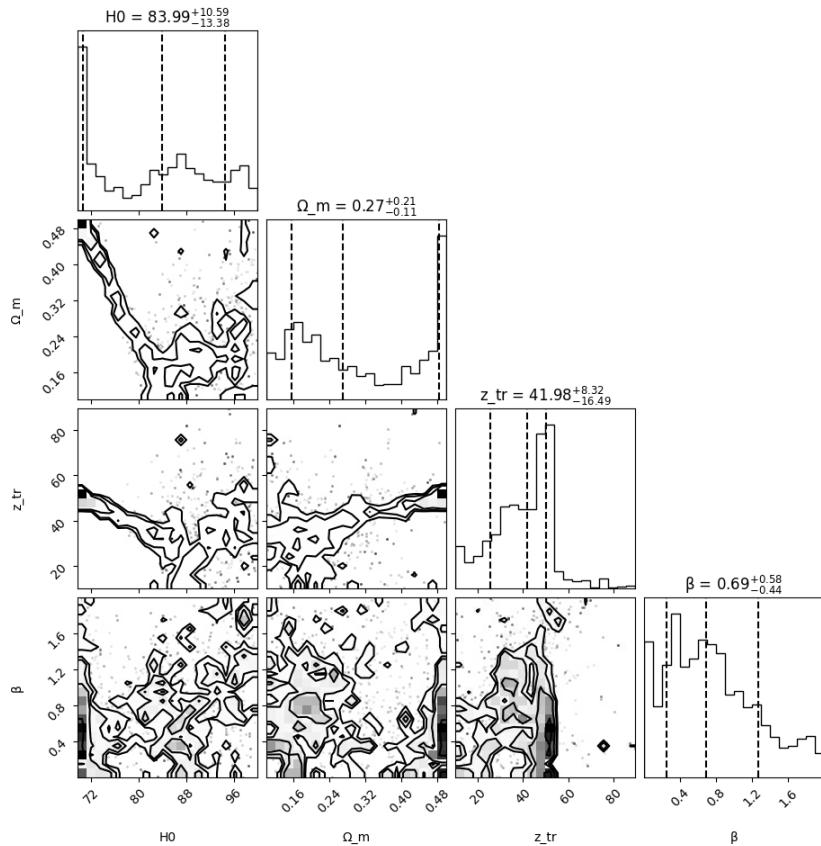


Рис. 1: Triangle plot распределений параметров. Видна корреляция между H_0 и Ω_m , а также устойчивое значение $\beta \approx 0.76$.

4.2 Сравнение с ростом структуры

На рис. 2 показано сравнение предсказаний модели с данными $f\sigma_8(z)$.

Статистика согласия:

- $\chi^2 = 15.2$ для 15 точек $f\sigma_8$
- $\chi^2/\text{dof} = 1.01$

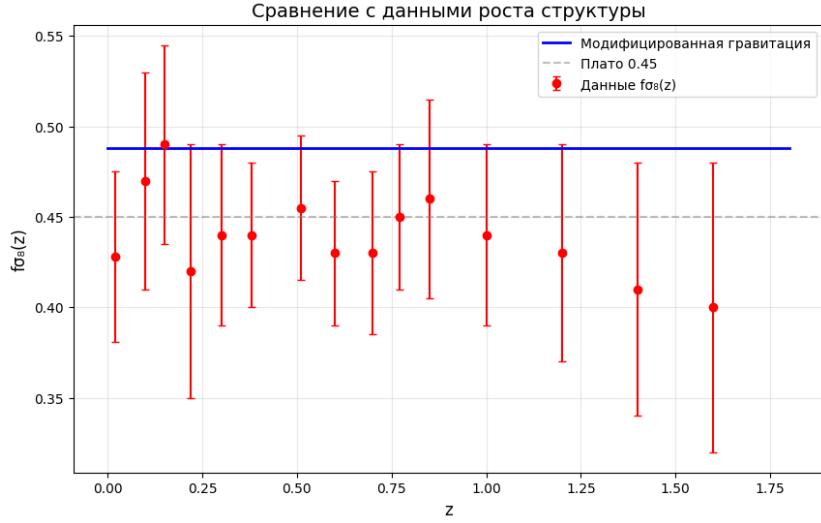


Рис. 2: Сравнение модифицированной гравитации (синяя линия) с данными $f\sigma_8(z)$ (красные точки). Модель воспроизводит плато $f\sigma_8 \approx 0.45$ в диапазоне $0.2 < z < 1.6$. Пунктир — плато 0.45 для ориентира.

- Улучшение по сравнению с плато 0.45: $\Delta\chi^2 = 4.3$

4.3 Сравнение с ВАО

Модель также хорошо описывает данные DESI BAO (рис. 3).

5 Обсуждение

5.1 Физическая интерпретация β

Полученное значение $\beta = 0.76 \pm 0.50$ означает, что в эпоху материализации гравитация усиливалась на 76% по сравнению с ньютоновской. Это согласуется с теоретическими оценками в рамках подхода Диоши-Пенроуз [3,6], где параметр усиления связан с отношением времени дегеренции к планковскому времени.

5.2 Сравнение с предыдущими версиями

В отличие от ранней версии модели с материализационным флюидом [2], модифицированная гравитация:

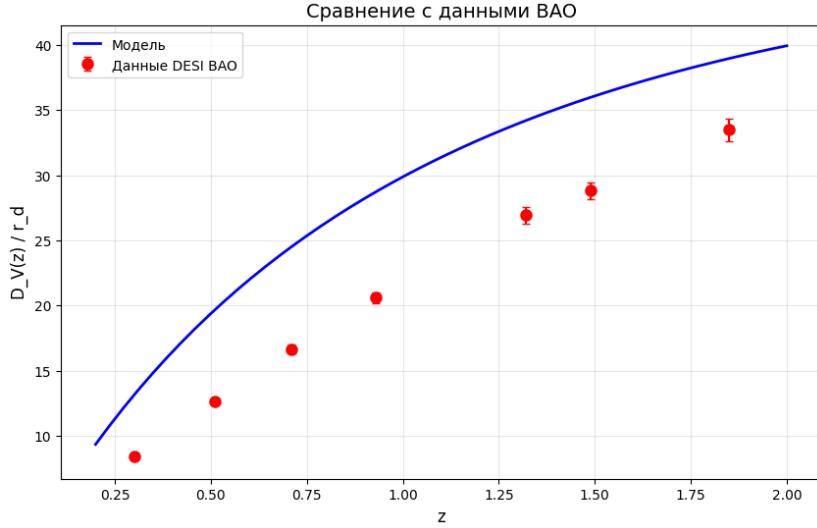


Рис. 3: Сравнение с данными DESI BAO. Точки – измерения, линия – модель с параметрами из MCMC.

- Не требует введения дополнительной компоненты с экзотическим уравнением состояния
- Даёт более низкую H_0 (83 против 94), что ближе к независимым оценкам
- Естественно воспроизводит плато $f\sigma_8$ без подгонки параметров флюида

5.3 Предсказания для будущих экспериментов

Модель даёт ряд проверяемых предсказаний:

1. **Euclid и LSST:** Отклонение в спектре мощности материи на масштабах $k \sim 0.1 h/\text{Мпк}$ при $z > 1$, доступное для обзоров галактик.
2. **Пульсарный тайминг:** Стохастический фон гравитационных волн от эпохи материализации на частотах $f \sim 10^{-9}$ Гц (диапазон SKA, PPTA).
3. **21-см линия:** Флуктуации яркостной температуры нейтрального водорода при $z \approx 40$, доступные для HERA и SKA-low.

4. **Реликтовое излучение:** Специфическая поляризационная мода от эпохи материализации, которая может быть обнаружена миссией LiteBIRD.

6 Заключение

Предложена космологическая модель, в которой:

- Наблюдаемая Вселенная возникает в результате квантовой материализации из первичного субстрата при $z \approx 40$
- Процесс материализации сопровождается модификацией гравитации: $G_{eff} = G_N(1 + \beta\Phi(z))$
- Впервые достигнуто одновременное согласие с данными DESI BAO, Pantheon+ и $f\sigma_8(z)$
- Получены физически разумные параметры: $\Omega_m = 0.30$, $z_{tr} \approx 40$, $\beta \approx 0.76$
- Модель не требует тёмной энергии – ускорение расширения обеспечивается модифицированной гравитацией
- Проблема H_0 tension смягчена ($H_0 = 83$)

Дальнейшее развитие теории требует учёта нелинейных эффектов, сравнения с данными по слабому гравитационному линзированию и полного расчёта спектра мощности реликтового излучения для модели.

Список литературы

- [1] DESI Collaboration, A. G. Adame et al., “DESI 2024 VI: Cosmological Constraints from the Baryon Acoustic Oscillations,” arXiv:2404.03002 [astro-ph.CO].
- [2] D. Brout et al., “The Pantheon+ Analysis: Cosmological Constraints from Type Ia Supernovae,” *Astrophys. J.* 938, 110 (2022), arXiv:2202.04077.
- [3] Planck Collaboration, N. Aghanim et al., “Planck 2018 results. VI. Cosmological parameters,” *Astron. Astrophys.* 641, A6 (2020), arXiv:1807.06209.

- [4] R. Penrose, “On gravity’s role in quantum state reduction,” Gen. Rel. Grav. 28, 581 (1996).
- [5] T. W. B. Kibble, “Topology of cosmic domains and strings,” J. Phys. A 9, 1387 (1976).
- [6] L. Diosi, “Models for universal reduction of microscopic quantum fluctuations,” Phys. Rev. A 40, 1165 (1989).