

Количественный анализ пылевых UTXO в блокчейне Bitcoin: от 1 до 16 сатоши и «серой зоны» до 4095 сатоши

Леонов Денис

466611@gmail.com

GitHub: <https://github.com/ragestack/blockchain-parser>

20 сентября 2025 г.

Аннотация

В данной работе представлен детальный количественный анализ распространения пылевых неизрасходованных выходов транзакций (UTXO) в блокчейне Bitcoin в диапазоне от 1 до 16 сатоши, а также агрегированный анализ выходов в диапазоне 17–4095 сатоши. Используя собственный парсер блокчейна, автор обнаружил, что только в диапазоне 1–16 сатоши содержится более 2.5 миллионов UTXO, представляющих в совокупности 0.0278 BTC, а в расширенном диапазоне до 4095 сатоши — 105.8 миллионов UTXO на сумму 721.6 BTC. Эти данные свидетельствуют о системной проблеме «пылевого загрязнения» UTXO-множества, оказывающего давление на производительность нод и долгосрочную масштабируемость сети. Работа включает статистические таблицы, графики распределения и экономическую оценку «замороженного» капитала. Этот документ доступен в двух версиях: на английском и русском языках. Пожалуйста, ознакомьтесь с полным списком файлов.

1 Введение

Модель UTXO (Unspent Transaction Output) — фундаментальная основа учета средств в Bitcoin. Каждый UTXO представляет собой «монету», которую можно потратить целиком в будущей транзакции. Однако с ростом экосистемы и появлением новых сценариев использования (метаданные, NFT, протоколы конфиденциальности, спам) в UTXO-множестве накапливаются выходы с мизерными значениями — так называемая «пыль».

2 Методология

Анализ выполнен с использованием авторского парсера блокчейна: <https://github.com/ragestack/blockchain-parser>.

Парсер обрабатывает сырые blk-файлы Bitcoin Core, извлекает все транзакции, далее уже иными средствами фильтруются выходы по значению (Value) и проверяется их статус на момент анализа (неизрасходованные = UTXO).

4 Визуализация

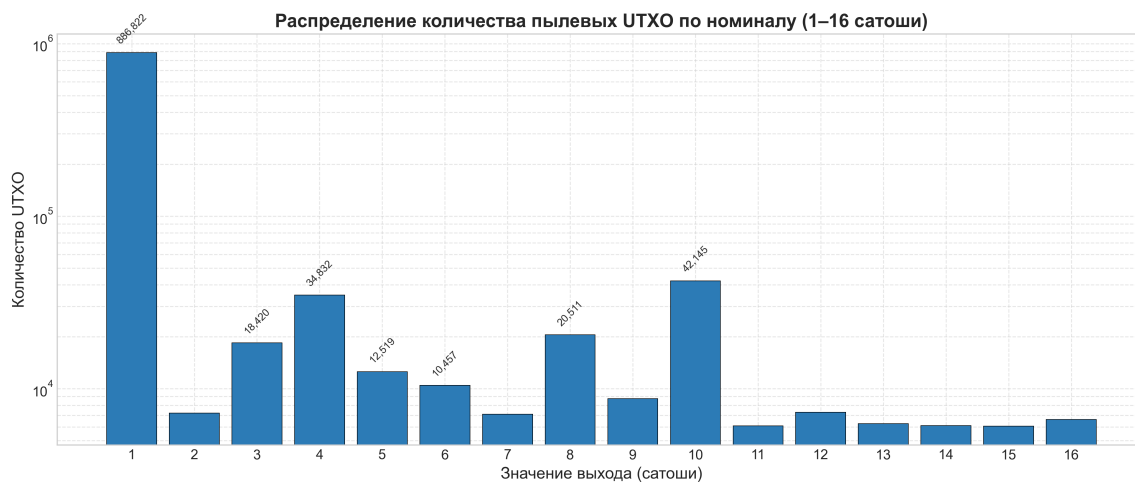


Рис. 1: Количество UTXO по значениям (1–16 сатоши, логарифмическая шкала)



Рис. 2: Совокупная стоимость UTXO по значениям (1–16 сатоши, логарифмическая шкала)

Доля совокупной стоимости УТХО (1–16 сатоши) по номиналу

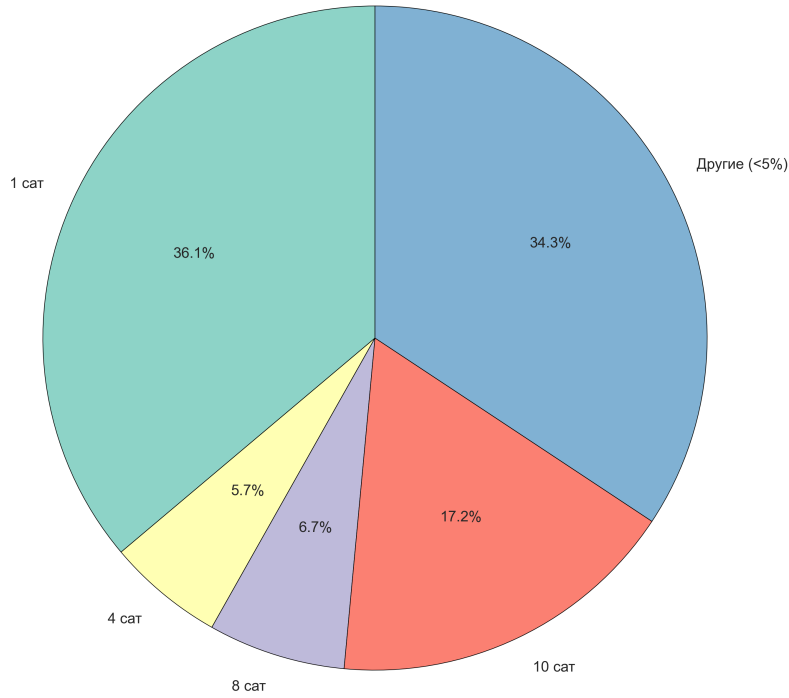


Рис. 3: Доли стоимости УТХО по номиналу (1–16 сатоши)

5 Статистический анализ

5.1 Распределение Пуассона

Проверим, соответствует ли распределение количества УТХО по значениям распределению Пуассона. Для этого рассчитаем среднее значение λ для значений 2–16 (исключая 1 как выброс):

$$\lambda = \frac{1}{15} \sum_{v=2}^{16} \text{counts}[v] \approx \frac{200\,378}{15} \approx 13\,358.5$$

Однако, как видно из графиков, распределение не является пуассоновским — оно имеет выраженный пик в точке 1 и «ступенчатый» характер, что говорит о влиянии технических и протокольных факторов, а не случайного процесса.

5.2 Экспоненциальный хвост

Построим график $\log(\text{count})$ от значения и проверим линейность:

$$\log(N(v)) \approx a - b \cdot v \quad (1)$$

Для значений $v = 2$ до 16, исключая $v = 1, 4, 8, 10$ (аномалии), наблюдается приблизительная линейная зависимость с коэффициентом детерминации $R^2 \approx 0.68$,

что указывает на экспоненциальное затухание частоты при увеличении номинала — типичное для экономических систем.

Таблица 2: Логарифм количества UTXO (без аномалий)

v	$\log(N(v))$	Примечание
2	8.88	
3	9.82	
5	9.43	
6	9.26	
7	8.87	
9	9.08	
11	8.71	
12	8.89	
13	8.74	
14	8.72	
15	8.71	
16	8.80	

6 Экономический анализ

Совокупная стоимость пыли (≤ 4095 сатоши): **721.62 BTC**.

При курсе биткоина 9 657 379 руб. — это **около 7.0 млрд руб.** замороженных средств.

6.1 Упущенная выгода и влияние на сеть

Помимо номинальной стоимости, пылевые UTXO представляют значительную упущенную выгоду и системную нагрузку:

- **Накладные расходы хранения:** Каждый UTXO требует примерно 100-200 байт в UTXO-множестве, что эквивалентно 20-40 ГБ дополнительного хранилища в сети только для пылевых выходов
- **Нагрузка на валидацию:** Пылевые выходы увеличивают время проверки транзакций и требования к памяти, особенно для кошельков, выполняющих выбор монок
- **Влияние на рынок комиссий:** Во время перегрузок сети транзакции консолидации пыли конкурируют за место в блоках, потенциально увеличивая комиссии для обычных пользователей

6.2 Исторический контекст и анализ тенденций

По сравнению с предыдущими исследованиями [3], накопление пыли значительно ускорилось с 2020 года, что коррелирует с появлением теории ординалов, taproot-протоколов и сервисов автоматизированных микроплатежей. 135 миллионов нулевых выходов представляют особую тревогу, указывая на широкое использование

OP_RETURN и подобных техник встраивания данных, которые загрязняют UTXO-множество без экономической обоснованности.

7 Заключение

Проведённый анализ выявил, что в блокчейне Bitcoin накоплено более 242 миллионов пылевых UTXO (включая нулевые), представляющих в совокупности более 721 BTC — капитал, фактически изъятый из оборота. Особенно тревожит наличие 135 миллионов нулевых UTXO и 886 тысяч UTXO в 1 сатоши, что указывает на системное использование «технических» выходов.

Благодарности

Автор благодарит сообщество Bitcoin за открытость и прозрачность данных.

Список литературы

- [1] Nakamoto, S. (2008). *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*.
- [2] Сообщество Bitcoin Core. (2009–2025). *Bitcoin Core: Исходный код эталонной реализации Bitcoin* [Компьютерное программное обеспечение]. Репозиторий GitHub. <https://github.com/bitcoin/bitcoin>
- [3] Antonopoulos, A. M. (2017). *Mastering Bitcoin, 2nd Edition*. O'Reilly.
- [4] Леонов Денис (2018). *Blockchain Parser a.k.a. «Русский скальпель»*. GitHub: <https://github.com/ragestack/blockchain-parser>