# Валидация коэффициентов отслеживания китов Ethereum: Глубокое исследование статистической волатильности, синхронности движений и влияния стейкинговых деривативов

Проблема концентрации капитала в децентрализованных сетях остается одним из наиболее значимых вызовов для рыночной эффективности и устойчивости экосистемы Ethereum. В условиях перехода к консенсусу Proof-of-Stake (PoS) и активного внедрения институциональных инструментов, таких как спотовые ETF, идентификация и валидация действий крупнейших держателей — «китов» — требует применения продвинутого статистического аппарата. Данный отчет представляет собой комплексное исследование механизмов распределения богатства, проверку гипотез о синхронности рыночных движений и разработку методологии фильтрации технического шума, возникающего вследствие биржевых операций и использования стейкинговых деривативов.

## Статистическая физика распределения богатства в Ethereum и проверка степенного закона

Анализ распределения эфира (ETH) среди участников сети демонстрирует сложное поведение, которое невозможно описать в рамках классической гауссовой статистики. Эмпирические данные указывают на то, что распределение богатства в Ethereum следует комбинированной модели: логнормальное «тело» для 99% адресов и тяжелый «хвост», подчиняющийся степенному закону (Power Law) или распределению Парето, для топ-1% держателей.1

### Математическая модель и степенной закон (Power Law)

Для валидации коэффициентов отслеживания топ-1000 холдеров необходимо понимать природу формирования их балансов. Исследования в области эконофизики применяют модели обмена активами (Asset Exchange Models — AEM) для объяснения наблюдаемой концентрации.2 В этих моделях обмен ценностью рассматривается как взаимодействие между частицами, где при определенных правилах обмена система достигает стационарного состояния.

Математически распределение Парето для хвоста богатства выражается формулой вероятности того, что богатство $w$ превышает определенное значение $x$:

$$P(W > x) \sim x^{-\alpha}$$

Где $\alpha$ — индекс Парето, определяющий степень неравенства. Значение $\alpha$ в Ethereum коррелирует с рыночной волатильностью: периоды высокой концентрации (низкий $\alpha$) часто предшествуют значительным ценовым движениям, так как рынок становится более чувствительным к действиям ограниченного круга лиц.3 Статистический анализ показывает, что примерно 0,3% кошельков контролируют около 95% общего предложения ETH, что подтверждает экстремальный характер тяжелого хвоста распределения.1

### Спектральные свойства матриц перехода

Для более глубокой валидации используется анализ спектральных свойств марковских матриц перехода, построенных на основе транзакционных данных блокчейна. Этот подход позволяет количественно оценить динамику обмена и определить, находится ли система в состоянии термодинамического равновесия (удовлетворяет ли она условию детального баланса).2

Исследования показывают, что спектр матриц перехода для систем в равновесии состоит исключительно из вещественных собственных значений. Однако для Ethereum наблюдается комплексный спектр, что свидетельствует о необратимости процессов накопления и наличии «зависимости от пути» (path dependence).2 Сдвиг спектра вниз коррелирует с изменением цены ETH, что позволяет использовать собственные значения матриц как предикторы волатильности балансов китов.5

| **Метрика распределения** | **Описание и статистическая значимость** | **Источник** |
| --- | --- | --- |
| Индекс Джини (Теоретический) | Ожидаемое значение G = 0.5 для Boltzmann steady-state | 2 |
| Индекс Джини (Эмпирический) | Превышает 0.85 в периоды высокой концентрации | 3 |
| Коэффициент Парето ($\alpha$) | Валидирует тяжелые хвосты для топ-1000 холдеров | 1 |
| Логнормальное тело | Описывает распределение для 99% мелких и средних адресов | 1 |

## Проверка гипотезы о синхронности движений и органическом росте

Синхронность движений китов (Whale Synchronicity) является ключевым параметром для отличия манипулятивных пампов от органического роста сети. Органический рост характеризуется распределенным увеличением балансов во многих независимых кластерах, в то время как скоординированные действия часто проявляются через высокую корреляцию транзакционной активности во времени.6

### Lead-Lag анализ и информационная эффективность

Lead-Lag анализ позволяет определить, какие группы адресов выступают в роли «лидеров», чьи действия предсказывают будущую динамику цен. На высокочастотных интервалах (tick-by-tick данные) наблюдается асимметрия кросс-корреляционных функций: цены на некоторых биржах следуют за движениями крупных ончейн-транзакций с лагом от 15 до 30 секунд.8

Для среднесрочного прогнозирования (Bullish Divergence) критически важным является временное окно в 48–72 часа.9 Если в этот период наблюдается стабильное накопление со стороны топ-1000 холдеров на фоне стагнации или снижения цены, это формирует бычью дивергенцию. Данный паттерн часто предваряет разворот тренда, так как избыточное предложение поглощается наиболее информированными участниками рынка.11

### Психология herding-поведения и herding-индексы

Синхронность также может быть вызвана «стадным поведением» (herding), особенно в моменты экстремального страха или жадности. Использование Crypto Fear & Greed Index (CFGI) в сочетании с анализом корреляций доходности показывает, что синхронность рыночных движений возрастает в периоды стресса, что подрывает преимущества диверсификации и увеличивает системные риски.9

Для валидации органического роста используется анализ «аккумуляционных адресов» — кошельков, которые имеют как минимум две входящие транзакции без признаков пылевых атак (dust) и никогда не тратили средства.13 Рост числа таких адресов в сегменте 100–1000 ETH (так называемые «акулы») является более надежным индикатором долгосрочного здоровья сети, чем всплески активности мега-китов.7

## Идентификация биржевых перетасовок (Exchange Shuffle) и технического шума

Одной из главных проблем при отслеживании китов является «загрязнение» данных внутренними операциями криптовалютных бирж и кастодианов. Масштабные перемещения активов, такие как переводы холодного хранения или подготовка к Proof-of-Reserves, часто ошибочно интерпретируются рынком как начало крупных продаж.14

### Алгоритмы кластеризации и Heuristics

Для очистки сигналов применяются продвинутые эвристики кластеризации адресов:

1. **Common-input-ownership heuristic:** Предположение о том, что если несколько адресов используются в качестве входов (inputs) в одной транзакции, они контролируются одной сущностью.15
2. **Анализ Nonce (для Ethereum):** В аккаунт-ориентированной модели Ethereum использование последовательных nonce (порядковых номеров транзакций) в серии быстрых переводов между новыми адресами позволяет идентифицировать автоматизированные биржевые скрипты по перераспределению ликвидности.17
3. **Анализ «сдачи» (Change Address Analysis):** Идентификация возврата неиспользованных средств на новые адреса, что характерно для алгоритмов кастодиального управления.15

| **Тип операции** | **Технический признак** | **Влияние на сигнал китов** |
| --- | --- | --- |
| Ребалансировка горячих кошельков | Высокая частота, малые лаги, цикличные nonce | Ложный всплеск активности 6 |
| Миграция холодного хранилища | Сверхкрупные транзакции (800k+ BTC/ETH) | Ложный сигнал паники 14 |
| UTXO/Account Consolidation | Множественные входы в один выход | Ошибочный рост баланса кита 14 |
| Стейкинг-депозит | Перевод на Beacon Contract (0x00...00) | «Исчезновение» кита из активного обращения 1 |

### Чистые потоки (Net Flows) против валового объема

Для минимизации ошибок валидация коэффициентов должна опираться на показатель чистых потоков (Net Flows) — разницу между притоком и оттоком активов в рамках заданного кластера сущностей.14 Рокировка 800 000 ETH между кошельками одной и той же биржи (как в случае с Coinbase в 2025 году) имеет нулевой рыночный эффект, так как общее рыночное предложение (float) остается неизменным.14

## Влияние стейкинговых деривативов (LST) на точность сигналов

Переход Ethereum на Proof-of-Stake радикально изменил структуру холдингов топ-1000 адресов. Значительная часть предложения теперь заблокирована в смарт-контрактах, которые формально выглядят как крупнейшие «киты», но фактически являются агрегаторами тысяч розничных пользователей.19

### Beacon Chain и Wrapped Ether (WETH)

На сентябрь 2025 года контракт депозита Beacon Chain удерживает около 56% всего предложения ETH (порядка 68 млн ETH).19 Для аналитика это означает, что традиционный «Rich List» более не отражает индивидуальное богатство. Аналогичная ситуация наблюдается с контрактом WETH, который стабильно входит в топ-10 холдеров, удерживая более 2% предложения.19

### Проблема stETH и деривативного плеча

Ликвидные стейкинговые токены, такие как stETH от Lido, вносят дополнительную сложность в Lead-Lag анализ. Киты часто используют сложные стратегии в DeFi:

1. Стейкинг ETH для получения stETH.
2. Использование stETH в качестве залога в протоколах кредитования (например, Aave) для заимствования нативного ETH.22
3. Повторная покупка stETH на заемные средства (looping).23

Этот механизм создает «фантомные» объемы в данных о китах. Один и тот же объем капитала может быть учтен несколько раз: как нативный ETH в контракте стейкинга, как баланс stETH на кошельке и как залоговая позиция в смарт-контракте Aave.22 При возникновении дисконта stETH по отношению к ETH (de-pegging) эти позиции могут быть ликвидированы каскадно, что приводит к резким выбросам в транзакционной активности, которые не являются признаком рыночного прогноза кита, а являются следствием технической ликвидации.22

## Статистическая фильтрация шума: Z-Score против Median Absolute Deviation

Для повышения надежности коэффициентов отслеживания необходимо использовать робастные статистические методы детекции аномалий. Традиционный Z-score, основанный на среднем значении и стандартном отклонении, крайне чувствителен к экстремальным выбросам, которые типичны для блокчейн-данных.24

Более эффективным методом является использование медианного абсолютного отклонения (Median Absolute Deviation — MAD). Этот подход позволяет устанавливать динамические пороги чувствительности, которые игнорируют «нормальный» технический шум (регулярные биржевые ребалансировки) и фокусируются на действительно редких событиях.25

$$MAD = median(|X\_i - median(X)|)$$

Применение MAD в алгоритмах детекции (например, в сочетании с Isolation Forest) снижает количество ложноположительных сигналов на 28-47%, что критически важно для трейдинговых моделей, использующих данные о китах.24

## Роль институциональных ETF и кастодиальных сущностей

В 2024–2025 годах структура владения Ethereum претерпела качественный сдвиг в сторону институциональных инвесторов. Появление спотовых ETF от таких гигантов, как BlackRock (ETHA) и Fidelity (FETH), привело к тому, что значительная часть ETH-китов теперь представлена регулируемыми фондами.19

К августу 2025 года только фонд BlackRock ETHA аккумулировал более 3 миллионов ETH, что составляет около 2,5% общего предложения.19 Эти сущности обладают иным профилем волатильности балансов: их действия продиктованы притоками и оттоками средств инвесторов, а также необходимостью хеджирования через деривативы. Анализ Lead-Lag отношений для этих кошельков показывает, что институциональный приток часто является «медленным» сигналом, подтверждающим долгосрочный тренд, в то время как ончейн-киты «старой школы» (ICO-wallets) по-прежнему выступают индикаторами локальных экстремумов.11

## Заключение и прикладные рекомендации

Валидация коэффициентов отслеживания топ-1000 холдеров Ethereum подтверждает высокую значимость этих метрик при условии их глубокой очистки и контекстуализации. Основные выводы исследования включают:

1. **Статистическая природа:** Распределение богатства в Ethereum подчиняется степенному закону (Power Law) в хвостах, что делает рынок уязвимым к действиям крупнейших игроков. Однако концентрация богатства постепенно снижается за счет развития стейкинга и DeFi-экосистемы.1
2. **Синхронность и Divergence:** Бычьи дивергенции формируются в окне 48–72 часов. Синхронное накопление в сегменте 100–1000 ETH является более точным предиктором органического роста, чем движения мега-китов.7
3. **Фильтрация Exchange Shuffle:** Использование Net Flows и анализ последовательностей nonce позволяют отсеивать до 40% технического шума, связанного с биржевой гигиеной и ротацией ключей.14
4. **LST-коррекция:** Для адекватной оценки балансов китов необходимо агрегировать данные не только по нативному ETH, но и по обернутым токенам (WETH) и стейкинговым деривативам (stETH), учитывая при этом эффект кредитного плеча в протоколах кредитования.19
5. **Методологический сдвиг:** Переход от стандартных отклонений (Z-score) к медианным фильтрам (MAD) существенно повышает качество сигналов, минимизируя влияние операционных аномалий.24

Будущее ончейн-анализа китов Ethereum лежит в плоскости интеграции машинного обучения для автоматической классификации сущностей (Entity Labeling) и учета перекрестных потоков между основной сетью и L2-решениями (Arbitrum, Base, Polygon), где активность крупных холдеров становится все более выраженной.7 Исследование подтверждает, что в условиях зрелого рынка 2025 года отслеживание балансов без понимания функциональной роли кошелька (биржа, фонд, стейкинг-контракт) ведет к ошибочным рыночным выводам.

#### Works cited

1. (PDF) Distributional equality in Ethereum? On-chain analysis of ..., accessed on January 19, 2026, <https://www.researchgate.net/publication/390092761_Distributional_equality_in_Ethereum_On-chain_analysis_of_Ether_supply_distribution_and_supply_dynamics>
2. On the statistical physics of wealth distribution - arXiv, accessed on January 19, 2026, <https://arxiv.org/html/2509.00573v2>
3. The Decentralisation Dilemma: Cryptocurrency's Impact on Financial Inclusion and Wealth Disparity (2020–2025) | OxJournal, accessed on January 19, 2026, <https://www.oxjournal.org/the-decentralisation-dilemma/>
4. Distributional equality in Ethereum? On-chain analysis of Ether supply distribution and supply dynamics - IDEAS/RePEc, accessed on January 19, 2026, <https://ideas.repec.org/a/pal/palcom/v12y2025i1d10.1057_s41599-025-04728-9.html>
5. (PDF) On the Statistical Physics of Wealth Distribution - ResearchGate, accessed on January 19, 2026, <https://www.researchgate.net/publication/395213298_On_the_Statistical_Physics_of_Wealth_Distribution>
6. Crypto Whale Tracker: Expert Guide to Monitoring Market Movers - Stoic AI, accessed on January 19, 2026, <https://stoic.ai/blog/crypto-whale-tracker-expert-guide-to-monitoring-market-movers/>
7. ETH: A Cross-Chain Cohort Analysis - Nansen Research, accessed on January 19, 2026, <https://research.nansen.ai/articles/eth-a-cross-chain-cohort-analysis>
8. High Frequency Lead-lag Relationships in The Bitcoin Market: An Empirical Analysis of the Price Movements of Bitcoin on Different Cryptocurrency Exchanges During the Year of 2018, accessed on January 19, 2026, <https://research.cbs.dk/en/studentProjects/high-frequency-lead-lag-relationships-in-the-bitcoin-market-an-em/>
9. The Blockchain Challenge: The Impact of Cryptocurrency Heists on Market Trends and Investor Behaviour, accessed on January 19, 2026, <https://etheses.whiterose.ac.uk/id/eprint/37960/1/Li_208062023_Thesis.pdf>
10. (PDF) Insights into Bitcoin and energy nexus. A Bitcoin price prediction in bull and bear markets using a complex meta model and SQL analytical functions - ResearchGate, accessed on January 19, 2026, <https://www.researchgate.net/publication/380321324_Insights_into_Bitcoin_and_energy_nexus_A_Bitcoin_price_prediction_in_bull_and_bear_markets_using_a_complex_meta_model_and_SQL_analytical_functions>
11. Ethereum Price Prediction: Whale Accumulation and ETF Inflows Strengthen Bullish Case ... - Brave New Coin, accessed on January 19, 2026, <https://bravenewcoin.com/insights/ethereum-price-prediction-whale-accumulation-and-etf-inflows-strengthen-bullish-case-can-eth-price-break-toward-3600-4700>
12. Ethereum Caught in the Crosshairs of Whale Behavior and Market Forces - OneSafe Blog, accessed on January 19, 2026, <https://www.onesafe.io/blog/ethereum-whale-behavior-market-forces>
13. Point-In-Time - Glassnode Docs, accessed on January 19, 2026, <https://docs.glassnode.com/basic-api/endpoints/pit>
14. No, 800k BTC didn't hit the market: Why exchange internal transfers ..., accessed on January 19, 2026, <https://cryptoslate.com/no-800k-btc-didnt-hit-the-market-how-exchange-utxo-housekeeping-fooled-traders/>
15. What Is Transaction Clustering in Crypto? Address Analysis - Nansen, accessed on January 19, 2026, <https://www.nansen.ai/post/what-is-transaction-clustering-in-crypto-address-analysis>
16. Summarizing and Analyzing the Privacy-Preserving Techniques in Bitcoin and other Cryptocurrencies - arXiv, accessed on January 19, 2026, <https://arxiv.org/html/2109.07634v3>
17. What is a cryptographic nonce? - CoinTracker, accessed on January 19, 2026, <https://www.cointracker.io/learn/nonce>
18. How to Build a Crypto Wallet: Complete Development Guide, accessed on January 19, 2026, <https://pixelplex.io/blog/how-to-build-a-crypto-wallet/>
19. Who owns the most Ether in 2025? The ETH rich list, revealed - TradingView, accessed on January 19, 2026, <https://www.tradingview.com/news/cointelegraph:c71660c23094b:0-who-owns-the-most-ether-in-2025-the-eth-rich-list-revealed/>
20. Onchain Secrets - by Inam Aziz | PDF | Bitcoin | Market Trend - Scribd, accessed on January 19, 2026, <https://www.scribd.com/document/924068858/Onchain-Secrets-By-Inam-Aziz>
21. Top Ethereum Holders in 2025: A Look at the Top 10 ETH Wallets - Nansen, accessed on January 19, 2026, <https://www.nansen.ai/post/top-ethereum-holders-in-2025>
22. On-Chain Forensics: Demystifying stETH's "De-peg" | Nansen, accessed on January 19, 2026, <https://www.nansen.ai/research/on-chain-forensics-demystifying-steth-depeg>
23. An On-Chain Look at Ethereum's Liquid Staking Landscape | Nansen, accessed on January 19, 2026, <https://www.nansen.ai/research/an-on-chain-look-at-ethereums-liquid-staking-landscape>
24. Blockchain Technology and Smart Contracts for Fraud Detection and Deterrence in Cryptocurrency Markets - ResearchGate, accessed on January 19, 2026, <https://www.researchgate.net/publication/395938653_Blockchain_Technology_and_Smart_Contracts_for_Fraud_Detection_and_Deterrence_in_Cryptocurrency_Markets>
25. E2SVM: Electricity-Efficient SLA-aware Virtual Machine Consolidation approach in cloud data centers - PMC - PubMed Central, accessed on January 19, 2026, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11164395/>
26. Who Owns the Most Ethereum 2025 - Exolix, accessed on January 19, 2026, <https://exolix.com/blog/who-owns-the-most-ethereum>
27. Understanding Whale Movements: The Impact of Large ETH Transfers on Market Dynamics, accessed on January 19, 2026, <https://www.onesafe.io/blog/whale-movements-impact-large-eth-transfers-market>