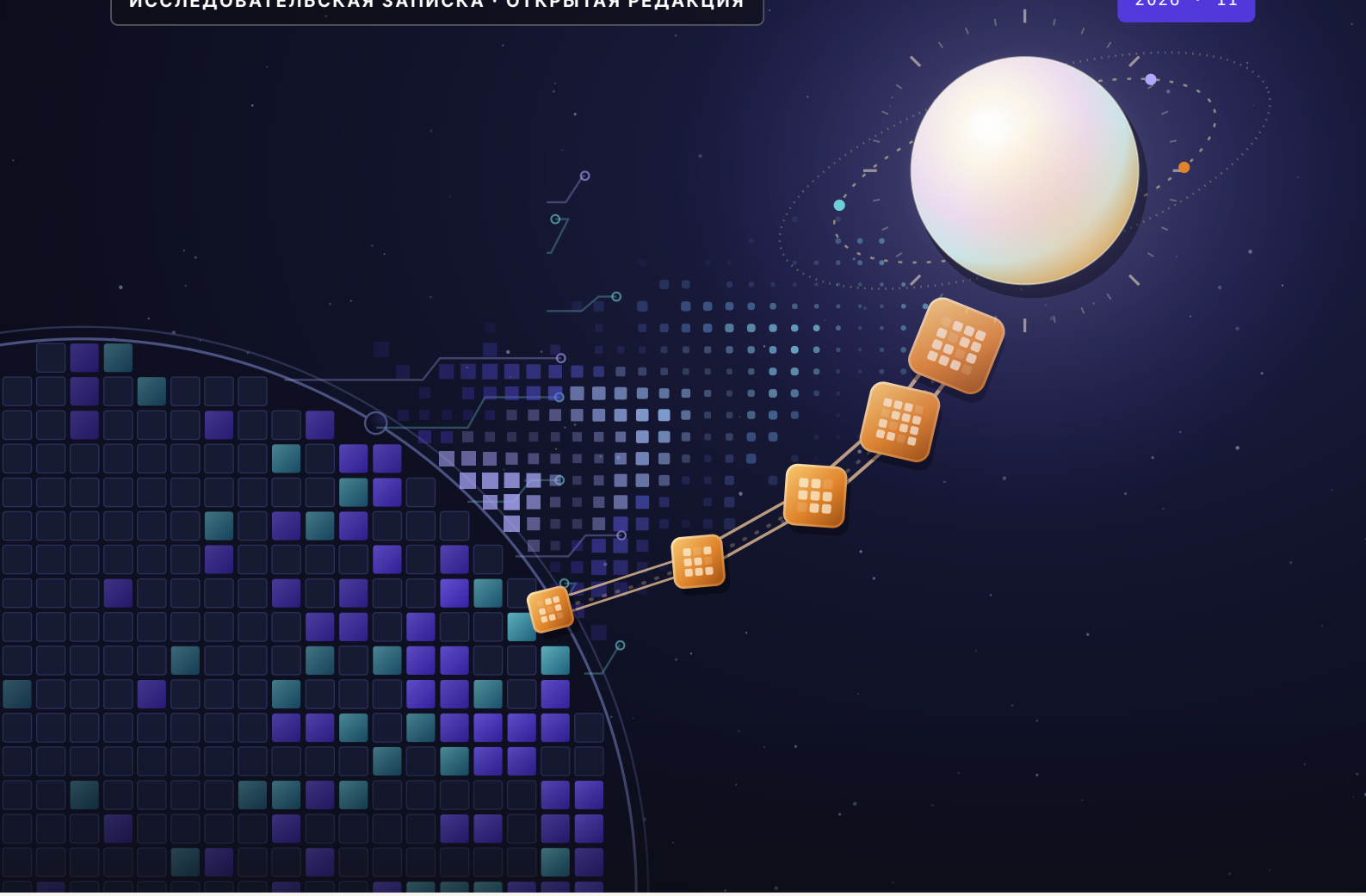
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЗАПИСКА · ОТКРЫТАЯ РЕДАКЦИЯ

2026 · 11



ДОКАЗАТЕЛЬСТВО ПОЛЕЗНОЙ РАБОТЫ · CRYPTO × КРЕМНИЙ

Вычисления как консенсус

AI × Crypto × чипы в 2026 году: от полезной работы Pearl

Pearl · Полезная работа · DePIN и агенты · Экономика ASIC · Техпроцессы · Поэтапные бюджеты

ВЫВОД

Pearl доказывает, что умножение матриц может защищать блокчейн, но пока не доказывает, что эта работа полезна. Во всём AI × crypto платёжный спрос есть в инференсе, данных и приватности, а ASIC окупается, только когда велик пул, стабильны правила и у чипа есть второй рынок.

Тан Шуай

Технолог и основатель · Исследователь и разработчик ИИ

tanshuai.com · i@tanshuai.com

Данные на 13 ноября 2026 года

Суммы в долларах США

СОДЕРЖАНИЕ

Содержание



◆ **Краткое резюме** — Теорема верна, стимул — нет — 04

01 **Рамки и метод** — Рамки, метод и четыре теста — 07

02 **Pearl · механизм** — Pearl: умножение матриц как консенсус — 08

03 **Pearl · экономика** — Pearl: масштаб, эмиссия и разрыв полезности — 10

04 **Pearl · правила** — Pearl: риск правил, численные форматы и управление — 12

05 **Сети полезной работы** — Сети полезной работы: ни матрицы, ни нулевое разглашение не останавливают ASIC — 13

06 **Общая картина** — Остальное AI × crypto: спрос реален, но мал, а стоимость уходит в акции — 16

07 **Экономика ASIC** — Вопрос ASIC: одна формула, три мерила — 19

08 **Чип за чипом** — Пять типов чипов — пять ответов — 22

09 **Техпроцессы** — Техпроцессы: пусть выбирает крупнейшая статья затрат за срок службы — 26

10 **Поэтапный бюджет** — От модели до кремния: поэтапный бюджет первого чипа — 30

11 **Возможности** — Где возможности и что бы я сделал — 32

12 **Ориентиры** — За чем следить: с ноября 2026 по 2027 год — 34

13 **Вопросы, которые стоит задать** — Вопросы, которые вы не задали, а стоило бы — 35

◆ **Об авторе** — Тан Шуай — 37

◆ **Источники** — 38

РИСУНКИ

Рисунки



РИС. 01	AI × crypto в шести секторах: где платёжный спрос реален	06
РИС. 02	На целочисленной работе Pearl у GPU общий энергопотолок	09
РИС. 03	Первые полгода Pearl: хешрейт следует за ценой, правила меняются	11
РИС. 04	Кратность субсидии: во сколько раз сеть платит больше внешней выручки	15
РИС. 05	Почему эффективность перестаёт окупаться: ASIC сохраняет не более 1 − 1/k выручки	20
РИС. 06	Большинство призовых фондов меньше бюджета на один чип	21
РИС. 07	Пять типов чипов — пять ответов	26
РИС. 08	Передовая пластина стоит в десять раз дороже зрелой	27
РИС. 09	Купить доказательства раньше фотошаблонов: поэтапный бюджет первого чипа	30

Пометки в тексте

оценка — расчёт или вывод автора на основе цитируемых данных

данные производителя — опубликовано компанией, продающей продукт, без независимой проверки

анализ — интерпретация данных автором

Это перевод английского издания; при расхождениях преимущественную силу имеет английский текст.

Данные на 13 ноября 2026 года · Суммы в долларах США

КРАТКОЕ РЕЗЮМЕ



Теорема верна, стимул — нет

ВЫВОД

Pearl показывает, что «вычисления как консенсус» работают как инженерное решение, но пока не показывает, что это полезно.

≈90 EH/s
сеть Pearl на 13 ноября 2026 года, где один H — одно умножение с накоплением INT7

≈1 %
блоков Pearl несут реальную AI-работу (Blockworks, 28 октября 2026 года)

≈$70 млн
в год проверяемой внешней выручки у Bittensor против более чем $300 млн эмиссии

175–180×
отношение наград пруверов Aleo к комиссиям в третьем квартале 2025 года

R × (1 – 1/k)
потолок прибыли ASIC, который в k раз дешевле маржинального майнера оценка

≈$1,5 млн
до измеренного кремния на N7 через модель, FPGA и MPW, до комплекта фотошаблонов за ≈$3,5 млн оценка

Pearl

13 ноября 2026 года сеть Pearl работала на уровне около 90 EH/s. В её коде консенсуса один «хеш» — это одно целочисленное умножение с накоплением, так что сеть равна целочисленной производительности примерно 122 000 H100. Однако лишь около 1 % блоков несут реальную AI-работу, а единственное публичное партнёрство по инференсу больше не предлагается в бессерверном API провайдера. Причина экономическая, а не криптографическая: GPU, который майнит, одновременно обслуживая инференс, получает лишь около 1–27 % хешрейта выделенного майнера, поэтому рациональные майнеры перемножают случайные матрицы.

Платёжный спрос

Во всём AI × crypto проверяемый платёжный спрос проявляется в трёх местах: продажа инференса, продажа данных и продажа приватности. Проверяемая внешняя выручка Bittensor составляет около $70 млн в год, примерно четыре пятых из них — от подсетей вычислений и инфраструктуры. Grass сообщает о $17 млн выручки от данных в первом полугодии 2026 года. Конфиденциальный инференс в доверенных средах исполнения работает в продакшене. Для сравнения: платежи, реально инициированные AI-агентами, составляют около $5 000–11 000 в месяц, а у zkML и децентрализованного обучения раскрытого платёжного спроса пока нет.

Субсидии и стоимость

Кратность субсидии — самый честный тест здоровья. Награды пруверов Aleo были примерно в 175–180 раз больше её комиссий; эмиссия Bittensor примерно в 4–11 раз больше её проверяемой выручки; капитализация Render примерно в 360 раз больше её ончейн-комиссий; а около $460 млн годового дохода майнеров Pearl — в основном субсидия блока, почти не связанная с оплачиваемым AI-спросом. Субсидия — топливо для холодного старта, а не бизнес-модель. Тем временем стоимость перетекает из токенов в ак-

ции: четыре акционерные компании, использующие централизованную инфраструктуру и криптонативную дистрибуцию, оценены примерно в $8,5 млрд — примерно столько же, сколько AI-токены уровня протоколов и приложений вместе взятые.

ASIC

Для чипов потолок прибыли ASIC приблизительно равен выручке на единицу вычислений, умноженной на (1 − 1/k), где k показывает, во сколько раз ASIC дешевле маржинального оборудования. Поскольку этот член вогнутый, эффективность сверх k = 5–10 почти не добавляет прибыли; исход решают размер призового фонда, срок жизни правил и наличие у чипа второго рынка. Мои ответы по типам чипов: не делать сейчас тейп-аут специализированного INT7-чипа для Pearl, а поставить на ускоритель прежде всего для инференса, способный и майнить; новичку не входить на открытый рынок биткоин-майнеров; малой команде не строить самостоятельный чип для обучения; строить чипы инференса, когда заказчик подписан; хеджироваться ускорителями ZK и заранее занимать позицию в FHE.

Техпроцессы и бюджеты

Техпроцесс следует выбирать по крупнейшей статье затрат чипа за срок службы: энергия — для чипов, работающих круглосуточно, корпусирование и память — для чипов обучения, выбор между SRAM и HBM — для чипов инференса. А первый чип стоит покупать поэтапно — модель, FPGA, мультипроектная пластина и лишь затем комплект фотошаблонов, — чтобы изменение протокола стоило цены прототипа, а не тейп-аута. Возможности лежат на пересечении областей: crypto как первый заказчик, ИИ как второй рынок.

Вопрос	Оценка	Ключевые цифры (источники в главах)
① **Работает ли Pearl и полезна ли её работа?**	Работает: блокчейн, защищённый умножением матриц в больших масштабах. Пока не полезна: почти весь майнинг идёт на случайных матрицах	Около 90 EH/s на 13 ноября 2026 года; 1 H = 1 умножение с накоплением INT7; около 1 % блоков с AI-работой
② **Где реальный платёжный спрос в AI × crypto?**	Инференс, данные и приватность. Платежи агентов, zkML и децентрализованное обучение пока до спроса	Bittensor — около $70 млн проверяемой выручки в год; Grass — $17 млн в I полугодии 2026; платежи агентов — около $5 000–11 000 в месяц
③ **Стоит ли строить ASIC?**	Только там, где призовой фонд велик, правила стабильны и у чипа есть второй рынок. Сегодня ни одна сеть не даёт всех трёх	Потолок прибыли ≈ R × (1 − 1/k); у биткоина около $11,5 млрд выручки майнеров в год, у Pearl около $0,46–0,49 млрд, у Kaspa около $18 млн
④ **Какие чипы строить малой команде?**	Ускорители прежде всего для инференса, способные и майнить; чипы инференса под подписанного заказчика; ранние работы по FHE. Не биткоин-майнеры для открытого рынка и не чипы для обучения	Лучший ASIC Kaspa зарабатывает $0,86 в день; бюджеты разработки на 3/2 нм — $60–400 млн и более
⑤ **Какой техпроцесс?**	Решает крупнейшая статья затрат за срок службы: энергия, корпусирование и память или архитектура памяти	TSMC N2 — около $30 000 за пластину против около $3 000 для N28; HBM и CoWoS — около 63 % стоимости H100
⑥ **Сколько стоит первый чип и как его покупать?**	В четыре этапа: модель, FPGA, мультипроектная пластина, затем фотошаблоны. Остановиться до фотошаблонов, если правила или покупатель не определены	Коммерческий слот MPW — $50 000–500 000; фотошаблоны N7 — около $3,5 млн; бюджет разработки на 7/6 нм — $15–100 млн

РИС. 01 **AI × crypto в шести секторах: где платёжный спрос реален**

Проверяемый платёжный спрос против сигналов субсидий и оценки, ноябрь 2026

Сети полезной работы 01

РЕАЛЬНО, НО МАЛО

≈$70 млн в год

проверяемая внешняя выручка Bittensor

Сигнал: эмиссия 4–11× выручки; Pearl ≈1 % AI-блоков

Механизмы работают; польза требует плательщиков

Децентрализованные вычисления 02

РЕАЛЬНО, НО МАЛО

$2,35 млн в год

ончейн-комиссии Render, крупнейшие проверяемые

Сигнал: капитализация ≈360× комиссий

В основном перепродажа типового инференса

Обучение и инференс 03

ПРИБЫЛЬ В АКЦИЯХ

$100 млн+ в год

Prime Intellect, акционерная компания на централизованных GPU

Сигнал: основная сеть Gensyn для обучения не запущена

Прогресс реален; прибыль уходит в акции

Проверяемый ИИ 04

РАНО

398

платящих пользователей TEE-облака Phala, конец 2025

Сигнал: платного zkML не раскрыто

TEE в продакшене; zkML на ранней стадии

Платежи агентов 05

ДО СПРОСА

$5–11 тыс. в месяц

платежи x402, реально инициированные агентами

Сигнал: ≈200 млн транзакций, в основном сигнальные

Рельсы появились раньше спроса

Сети данных 06

ЕСТЬ ПОКУПАТЕЛИ

$17 млн

выручка Grass от данных, I пол. 2026 (по своим данным)

Сигнал: капитализация ≈10× годовой выручки

Один из немногих секторов с реальными покупателями

Источник: DefiLlama, SubConnect (через hoge.gg), TRM Labs, Phala, Dealroom, SiliconANGLE, CoinGecko, Blockworks; синтез автора.

ГЛАВА 01



01 РАМКИ И МЕТОД
Рамки, метод и четыре теста

Почему этот отчёт и почему сейчас

В апреле 2026 года новый блокчейн Pearl воплотил в продакшене давнюю идею: пусть майнеры соревнуются за блоки, выполняя умножения матриц, на которых работает ИИ, вместо хеширования. За шесть месяцев его сеть достигла около 90 EH/s, а капитализация токена — около $500 млн. В то же время AI-маркетплейсы вычислений, сети децентрализованного обучения, платёжные рельсы для агентов и сети данных привлекли миллиарды, а биткоин-майнеры начали переоборудовать свои энергетические площадки в AI-дата-центры. Я хотел понять, у кого из них есть реальные клиенты, имеет ли где-то среди них смысл заказной кремний и какой техпроцесс и какую фабрику команда разработчиков чипа может реально использовать.

Четыре теста для любого проекта AI × crypto

Исследование безопасности Gridcoin 2017 года утверждало, что полезные вычисления могут защищать блокчейн, только если задачу трудно решить, легко проверить и легко вознаградить. Я добавляю четвёртый тест. Вместе они определяют большую часть дальнейшего.

01 **Трудно решить.** Честное вычисление должно быть самым дешёвым способом получить валидное доказательство; обходного пути быть не должно.

02 **Легко проверить.** Проверка работы должна стоить намного меньше её выполнения, иначе сеть платит дважды.

03 **Легко вознаградить.** Протокол должен уметь вычислить награду по одному лишь доказательству, не доверяя третьей стороне.

04 **Кто-то платит за результат.** Если за результат не платит заказчик вне сети, «полезная» работа — это субсидия с красивой историей.

Хеш-головоломки проходят первые три теста и проваливают четвёртый. Реальные AI-задачи проходят четвёртый, но проваливают второй: доказательство AI-вычисления с нулевым разглашением стоит в 100–10 000 раз больше самого вычисления, а для схем доказательства обучения показано, что их дёшево подделать. Зашумлённое умножение матриц Pearl — первый правдоподобный мост, который проходит тест проверки и при этом сохраняет форму AI-вычислений.

Как я работал

Это кабинетное исследование, проведённое так, как я проверял бы чип или бизнес-план. Я прочитал код Pearl, её предложения по протоколу и whitepaper; данные цепи с независимого полного узла; отчётность компаний и пресс-релизы о результатах; статьи по криптографии, компьютерной архитектуре и машинному обучению; ценовые данные фабрик и производителей; а также отраслевую и технологическую прессу. У каждой цифры указана дата. Если цифру вывожу я сам, я так и говорю и помечаю её оценка. Цифры, о ко-

торых сообщает только продавец, помечены данные производителя; моя интерпретация данных помечена анализ. Суммы — в долларах США. Состояние — на 13 ноября 2026 года.

ГЛАВА 02

02 PEARL · МЕХАНИЗМ
Pearl: умножение матриц как консенсус

Идея: от теоремы до mainnet

В апреле 2025 года Ильян Комаргодский и Омри Вайнштейн опубликовали работу «Proofs of Useful Work from Arbitrary Matrix Multiplication». Они строят доказательство полезной работы для любого произведения матриц с накладными расходами всего 1 + o(1) от наивного умножения; его безопасность опирается на сложность решения пакетов случайных линейных уравнений низкого ранга — это гипотеза, а не доказательство. Статья называет настоящую трудность области: доказательство полезной работы с накладными расходами в постоянный множитель тривиально, но бесполезно; трудно добиться, чтобы честное вычисление оставалось самым дешёвым способом выиграть, когда майнеры сами выбирают входные данные.

Основная сеть Pearl запущена 27 апреля 2026 года в 09:00 UTC. Майнеры вычисляют зашумлённое произведение (A + E)(B + F), где шум низкого ранга выводится из коммитмента BLAKE3, а затем убирают шум и получают A·B. Состояние аккумулятора каждого выходного тайла хешируется в лотерейный билет; выигравший тайл раскрывается и доказывается рекурсивным доказательством Plonky2 с нулевым разглашением размером меньше 60 KB внутри сертификата блока, ограниченного 65 KB. Проверка — это небольшое доказательство постоянного размера, не зависящее от размера матриц: проверять так же дёшево, как хеш-головоломку, а само вычисление может быть полезным.

Одно умножение с накоплением — один «хеш»

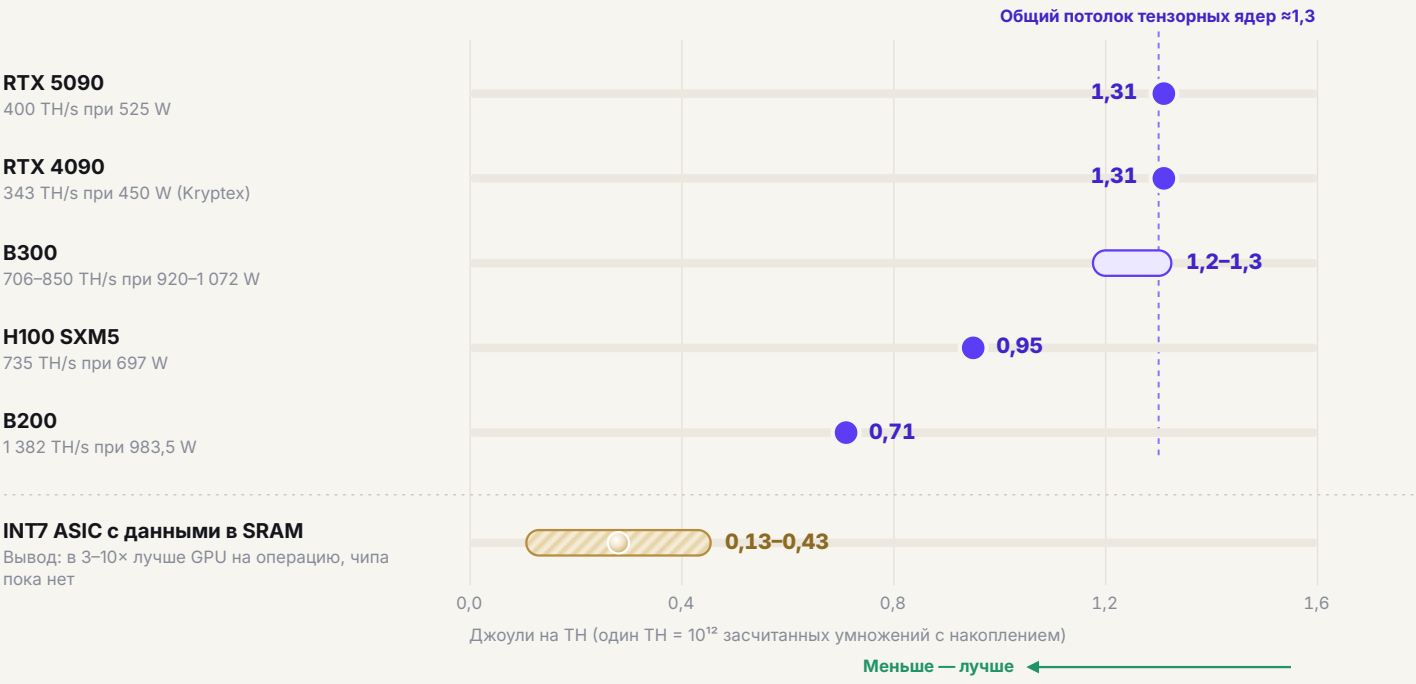
Для разработчика чипов важнейший факт — единица измерения. Код консенсуса Pearl масштабирует цель каждой попытки на размер тайла, умноженный на длину скалярного произведения, поэтому **1 H — это ровно одно засчитанное умножение с накоплением (MAC) INT7 × INT7 → INT32**. С блока 96 251 штраф за ранг требует ранга шума не менее 128; при минимальном ранге 1 H по-прежнему равен 1 MAC. Поэтому «EH/s» Pearl буквально означает 10^18 целочисленных умножений с накоплением в секунду: **впервые бюджет безопасности блокчейна измеряется тензорной производительностью AI-ускорителей.** Измеренные хешрейты GPU составляют 60–95 % пиковой плотной производительности MAC INT8 каждой карты, что согласуется с этим прочтением.

Оборудование	Хешрейт Pearl	Мощность	Джоули на триллион MAC (J/TH)	Источник (дата)
RTX 5090	400 TH/s	525 W	1,31 оценка	Kryptex (12 ноября)
RTX 4090	около 305 TH/s (диапазон сообщества 280–330); Kryptex указывает 343 TH/s	450 W (Kryptex)	1,31 (по цифрам Kryptex) оценка	prlstats (3 октября); Kryptex
H100 SXM5	735 TH/s	697 W	0,95 оценка	PeakMiner через prlstats (19 сентября)

Оборудование	Хешрейт Pearl	Мощность	Джоули на триллион MAC (J/TH)	Источник (дата)
B200	1,382 PH/s	983,5 W	0,71 оценка	PeakMiner через prlstats
B300	706–850 TH/s	920–1 072 W	1,2–1,3 оценка	prlstats; SimeonOnSecurity

РИС. 02 **На целочисленной работе Pearl у GPU общий энергопотолок**

Джоули на триллион умножений с накоплением INT7 (J/TH) при измеренном хешрейте Pearl; меньше — лучше



Источник: Kryptex (12 ноября 2026); бенчмарки PeakMiner и SRBMiner через prlstats; SimeonOnSecurity; диапазон ASIC — вывод автора, не измерение.

Для разработчиков чипов в этой таблице важны две детали. Во-первых, потребительские карты RTX 4090 и 5090 и серверный B300 сходятся на уровне около 1,3 J/TH, и даже лучшая карта, B200, достигает лишь около 0,71 J/TH. Серверный GPU стоимостью в десятки тысяч долларов тратит на одно целочисленное умножение с накоплением почти столько же энергии, сколько игровая карта, что указывает на общий потолок энергии тензорных ядер на MAC INT8, — и именно этот потолок мог бы пробить специализированный чип. Во-вторых, B300 медленнее B200: в Blackwell Ultra NVIDIA резко урезала производительность INT8, поэтому целочисленной работе на этом чипе приходится идти более медленным путём. Массовый AI-кремний уходит от INT8 к FP8 и FP4. Когда формат чисел, выбранный консенсусом, расходится с направлением развития железа, протокол вынужден менять правила, — в этом корень форка FP8 и моего вывода по ASIC далее в отчёте.

ГЛАВА 03

03 PEARL · ЭКОНОМИКА
Pearl: масштаб, эмиссия и разрыв полезности

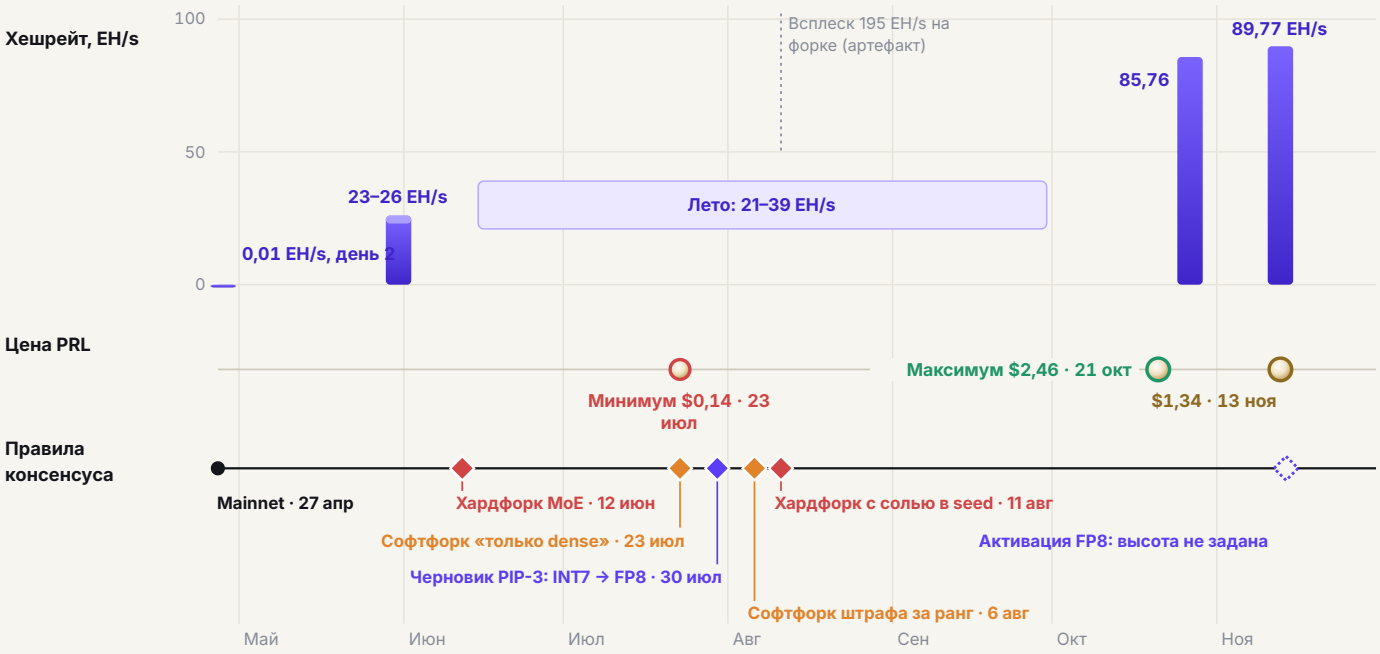
От 0,01 до 90 EH/s за шесть месяцев

Показатель	Значение (13 ноября 2026 года)	Основа и источник
Хешрейт сети	Около 90 EH/s (базовое значение 89,77; диапазон за день 88,20–93,22; внутридневной максимум 12 ноября — 110–123)	Независимый полный узел prlstats; Kryptex
Сложность и высота блока	58 841 982 и 142 530	prlstats
Эквивалентное оборудование	Около 122 000 H100 или 225 000 RTX 5090	При 735 и 400 TH/s на карту оценка
Цена, капитализация и полностью разводнённая стоимость	$1,32–1,34; около $500 млн; около $2,8 млрд (101-е место в CoinGecko)	CoinGecko
Исторический максимум и минимум	$2,46 (21 октября) и $0,1399 (23 июля)	CoinGecko
Добыто монет	377,6 млн PRL, 17,98 % от предела в 2,1 млрд	prlstats
Субсидия блока и суточная эмиссия	Около 2 173 PRL и около 0,97–1,03 млн PRL	prlstats; Kryptex
Новое предложение за следующие 12 месяцев	Около 78 % текущего предложения	prlstats
Доход майнеров	Около $1,25 млн в день (модель), около $460 млн в год	prlstats
Выручка на единицу хешрейта, R	Около $14–15 за PH/s в день; RTX 5090 зарабатывает около $5–6 в день	оценка; Kryptex
Блоки с реальной AI-работой	Около 1 % (оценка от 28 октября)	Blockworks
Концентрация пулов	Kryptex нашёл 46,4 % блоков за последние 24 часа; два крупнейших пула — около 62 %	prlstats
Концентрация держателей	Коэффициент Джини по адресам 0,969; 100 крупнейших адресов держат 53,0 %	prlstats

Хешрейт Pearl близок к запаздывающей функции её цены. На следующий день после запуска сеть работала на уровне около 0,01 EH/s; к концу мая она достигла 23–26 EH/s. Летом цена упала примерно на 86 % от майского максимума, а хешрейт двигался в боковике на 21–39 EH/s. После того как в сентябре и октябре цена выросла примерно в десять раз, хешрейт достиг 85,76 EH/s 27 октября и около 90 EH/s в ноябре. Всплеск до 195 EH/s 11 августа совпал с форком, и его следует считать артефактом оценки. Вместе с хешрейтом росло энергопотребление: одно исследование оценило его примерно в 112 MW для всей сети при 24 EH/s, а модель prlstats сегодня даёт около 190–215 MW.

РИС. 03 **Первые полгода Pearl: хешрейт следует за ценой, правила меняются**

Хешрейт сети, три ценовые отметки и все изменения консенсуса, 27 апреля — 13 ноября 2026



Источник: Полный узел и ряды prlstats; Kryptex; CoinGecko; params.go и PIP-3 Pearl. Всплеск 11 августа — артефакт оценки на форке.

Эмиссия усиливает рефлексивность

Предел предложения — 2,1 млрд монет, халвингов нет: субсидия блока плавно снижается по формуле E(t) = S·H / ((t + H)(t + H − 1)) с H = 650 226. Но эмиссия считается в блоках, а не во времени, а начальная сложность была слишком низкой и подстраивалась медленно. **Около 44,06 млн монет были добыты в первый день и около 120 млн — за первые шесть дней**, это около 32 % нынешнего предложения оценка. Последние блоки, примерно по 171–183 секунды, всё ещё идут быстрее целевых 194 секунд. В результате за следующие 12 месяцев предложение вырастет примерно на 78 % — это размывание, с которым придётся столкнуться и майнерам, и производителям оборудования, и держателям.

Отсюда экономика майнеров. Доход майнеров по всей сети составляет около $1,25 млн в день (модель); суточная эмиссия по Kryptex, умноженная на текущую цену, даёт около $1,35 млн в день, поэтому **выручка на единицу хешрейта R ≈ $14–15 за PH/s в день** оценка. RTX 5090 зарабатывает около $5–6 в день. H100 или H200 зарабатывает около $11, тогда как самая дешёвая публичная аренда по требованию стоит около $2,09 за карту в час, около $50 в день, так что аренда карт ради одного майнинга приносит крупные убытки. R сильно колеблется: по рядам prlstats она составляла около $10 в августе и сентябре и ненадолго около $33 в середине октября оценка. Уже через несколько недель после запуска оценочная суточная выручка RTX 5090 упала вдвое — с примерно $33,80 до примерно $17,19. Аренда облачных GPU для майнинга окупалась только в первые недели и во время октябрьского скачка цены.

Теорема верна, стимул — нет

Настоящая проблема — спрос, а не криптография. Единственная публичная коммерческая интеграция Pearl — эндпоинт Gemma-4-31B-it-pearl от Together AI, запущенный 15 мая по цене более чем на 25 % ниже обычной, причём скидка финансировалась ожидаемой будущей стоимостью эмиссии. 13 ноября страница модели показывала, что она **недоступна в бессерверном API Together**. В июне перепись 8 012 работающих майнинговых экземпляров, около 21 % сети, пришла к выводу, что сеть вообще не производит полез-

ных AI-вычислений (автор называет эти данные наводящими, но не окончательными), и показала, что пулы принимают шары, построенные из чисто случайных матриц. 28 октября Blockworks оценил, что **лишь около 1 % блоков несут реальную AI-работу**; без неё, по словам издания, Pearl — это меньший, менее защищённый и быстрее инфлирующий биткоин.

Причину можно вычислить. Издержки на стороне инференса действительно малы: Pearl сообщает об увеличении сквозного времени на 5,08 % для Llama 70B на четырёх H200, а независимый тест показал потерю пропускной способности в 9,2 % на одном GPU Hopper. Сторона майнинга приносит слишком мало. Официальный плагин vLLM майнит только на батчах prefill не менее 1 024 токенов и никогда — на шагах декодирования. Карта, обслуживающая инференс, получает около 27 % хешрейта выделенного майнера на чистом трафике prefill, около 5,4 % на чат-смеси, где 80 % приходится на декодирование, и лишь около 1 % на трафике, где преобладает декодирование. Без оплачиваемого спроса на инференс рациональный майнер перемножает случайные матрицы; протокол проверяет, что заявленные матрицы были честно перемножены, а не то, были ли они полезны. **Теорема верна, стимул — нет.** Полезность Pearl — коммерческая задача вне цепи: кто-то должен платить за инференс.

ГЛАВА 04

PEARL · ПРАВИЛА

04 Pearl: риск правил, численные форматы и управление

Четыре форка за два месяца

Другая сторона Pearl — скорость, с которой меняются её правила. С июня по август 2026 года лаборатория провела четыре изменения консенсуса на жёстко прописанных высотах: хардфорк mixture-of-experts (блок 71 935, около 12 июня), софтфорк «только dense» (91 630, около 23 июля), софтфорк штрафа за ранг (96 251, около 6 августа) и хардфорк с солью в seed (99 000, около 11 августа). После хардфорка с солью старые майнеры могли производить только невалидные шары; штраф за ранг снизил эффективный хешрейт конфигураций с высоким рангом на 50–87,5 %.

Следующий шаг — PIP-3, пока черновик: он переводит майнинг с INT7 на FP8 × FP8 → FP32 и требует побитово точных профилей устройств, **поддерживая только две архитектуры — Hopper и Blackwell**. Документ называет зависимость от оборудования неизбежным злом протоколов с плавающей точкой и предупреждает, что любой допуск при проверке открывает путь grinding-атакам. На 12 ноября параметры основной сети ветки fp8-scheme не задавали высоту активации. По текущему черновику серия RTX 40, A100 и карты AMD не допускаются, а модель prlstats с низкой уверенностью оценивает, что около 82 % хешрейта приходится на потребительские карты. Принудительное проведение форка грозит расколом цепи или бунтом майнеров.

Трилемма формата чисел

Pearl стоит перед трилеммой: формат чисел может быть полезен для ИИ (FP8 или FP4), побитово проверяем на разном оборудовании и нейтрален к железу, но не более чем два из трёх сразу. Схема INT7 проверяема и нейтральна, но расходится с направлением развития AI-кремния. FP8 с белым списком полезен и проверяем, но привязывает консенсус к одному производителю. FP8 с допуском полезен и нейтрален, но открывает дверь grinding-атакам. Арифметика с плавающей точкой в тензорных ядрах обычно не следует

численному стандарту и не воспроизводима между поколениями; в Hopper, например, накопление FP8 сохраняет только 13 дробных битов и усекает остальное. С точки зрения разработчика чипов «профиль Hopper» — это полностью определённая арифметика, которую ASIC мог бы реализовать бит в бит, возможно, эффективнее GPU. Но это был бы бизнес в серой зоне вопреки заявленному намерению протокола, с очень высоким риском управления анализ.

Управление

Управление сконцентрировано. Все предложения по протоколу написала лаборатория; форки активируются на жёстко прописанных высотах без сигнализации майнеров; второй реализации клиента нет; и на начало октября не было опубликовано ни одного стороннего аудита узла или схем с нулевым разглашением. Израильская газета TheMarker сообщила, что лаборатория привлекла около $120–130 млн в закрытом раунде (около $55 млн в акциях плюс фонд GPU-инфраструктуры примерно на $75 млн); Pearl не подтвердила это по официальным каналам. «Никакой аллокации инвесторам в токене» и «компания с венчурными акционерами» могут быть правдой одновременно, но напряжение остаётся: AI-выручка может уходить в акционерный капитал, а размывание ляжет на держателей токена.

В целом Pearl — самый чистый эксперимент «вычисления как консенсус» на сегодня: новый механизм, проверяемый в цепи, с единицей, взаимно однозначно отображаемой на AI-оборудование. Но полезность не наступила, а её бюджет безопасности, хешрейт и энтузиазм майнеров держатся на токене, основной спрос на который ещё не сформировался, а предложение за 12 месяцев вырастет примерно на 78 %. Стоит следить за тремя сигналами от Blockworks: пройдёт ли обновление гладко, вырастет ли существенно доля блоков с AI-работой и начнёт ли какой-либо провайдер инференса передавать доход от майнинга своим клиентам.

ГЛАВА 05

СЕТИ ПОЛЕЗНОЙ РАБОТЫ

05 Сети полезной работы: ни матрицы, ни нулевое разглашение не останавливают ASIC

Kaspa: матрица не делает работу ни полезной, ни защищённой от ASIC

Kaspa — хрестоматийный случай. Её kHeavyHash помещает между двумя хешами произведение матрицы 64 × 64 на вектор над 4-битными значениями, и это произведение выбрасывается. Примерно через 16 месяцев после честного запуска в ноябре 2021 года, 14 марта 2023 года, IceRiver анонсировала первые ASIC для Kaspa, и к концу 2023 года майнинг на GPU закончился. Сравнение RTX 4090 при 3,8 GH/s и 300 W с KS7 от Bitmain при 77 J/TH даёт разрыв в эффективности примерно **в 1 000 раз** оценка. После пира наступило сжатие: 13 ноября сеть работала на 358,9 PH/s, примерно на 64 % ниже уровня 1 EH/s в августе 2024 года, а лучший KS7 зарабатывает лишь **$0,86 в день** при $0,10 за kWh.

Aleo: нулевое разглашение тоже не останавливает специализированное железо

Головоломка пруверов Aleo задумана как имитация работы по генерации доказательства SNARK; она не доказывает транзакции пользователей, и проект открыто приветствует ZK-ASIC. Примерно через пять месяцев после запуска основной сети в сентябре 2024 года уже поставлялись специализированные машины. В третьем квартале 2025 года пруверы получили 31,2 млн ALEO (около $7,8 млн), тогда как сеть собрала

лишь около $43 000–44 000 комиссий: **кратность субсидии около 175–180**. Цена упала примерно с $9 в начале торгов до $0,22 к концу того квартала, а ARC-46 теперь требует стейка от 100 000 до 2,5 млн ALEO на одно решение, превращая майнинг в порог по стейку.

Qubic и Bittensor

Qubic продвигает «полезное доказательство работы», которое обучает её нейросеть Aigarth, но самым заметным результатом её вычислений в 2025–2026 годах стали блоки других сетей. Сначала она майнила Monero, подняв свою долю с менее чем 2 % в середине мая 2025 года до более чем 25 % к концу июля и заявив 51 % в августе, что вызвало реорганизацию на шесть блоков (по другому источнику — на 18). 1 апреля 2026 года она переключилась на майнинг Dogecoin с помощью ASIC, направляя выручку на выкуп и сжигание. Независимых доказательств полезности её AI-обучения нет, а её капитализация упала примерно с $280–300 млн до около $50 млн на 13 ноября. Она также обнажила внешний эффект: сеть, которая платит за вычисления общего назначения, создаёт крупный, сдаваемый в аренду, скоординированный пул хешрейта, который можно обратить против дружественных к CPU сетей.

Bittensor — не доказательство работы, а субъективная оценка с весом по стейку: валидаторы оценивают майнеров, а веса обрезаются по медиане, взвешенной по стейку. Это единственная сеть в этой группе с внешней выручкой в масштабе. Индекс SubConnect, учитывающий только проверяемых внешних клиентов, показывает около **$70 млн в год** в начале ноября 2026 года (около $35 млн на 1 сентября), из них 78–82 % — от вычислений и инфраструктуры; но при ценах начала ноября её эмиссия превышает $300 млн в год, так что выручка покрывает лишь 9–23 %. Оценки выручки сильно разнятся в зависимости от основы: от около $17 млн (Artemis) до $172 млн в годовом выражении по самостоятельно заявленным итогам. В апреле 67 из 128 подсетей сжигали более 99 % своих стимулов, а когда ведущая команда Covenant ушла из-за разногласий по управлению, TAO за несколько часов упал на 24 %.

История даёт тот же ответ

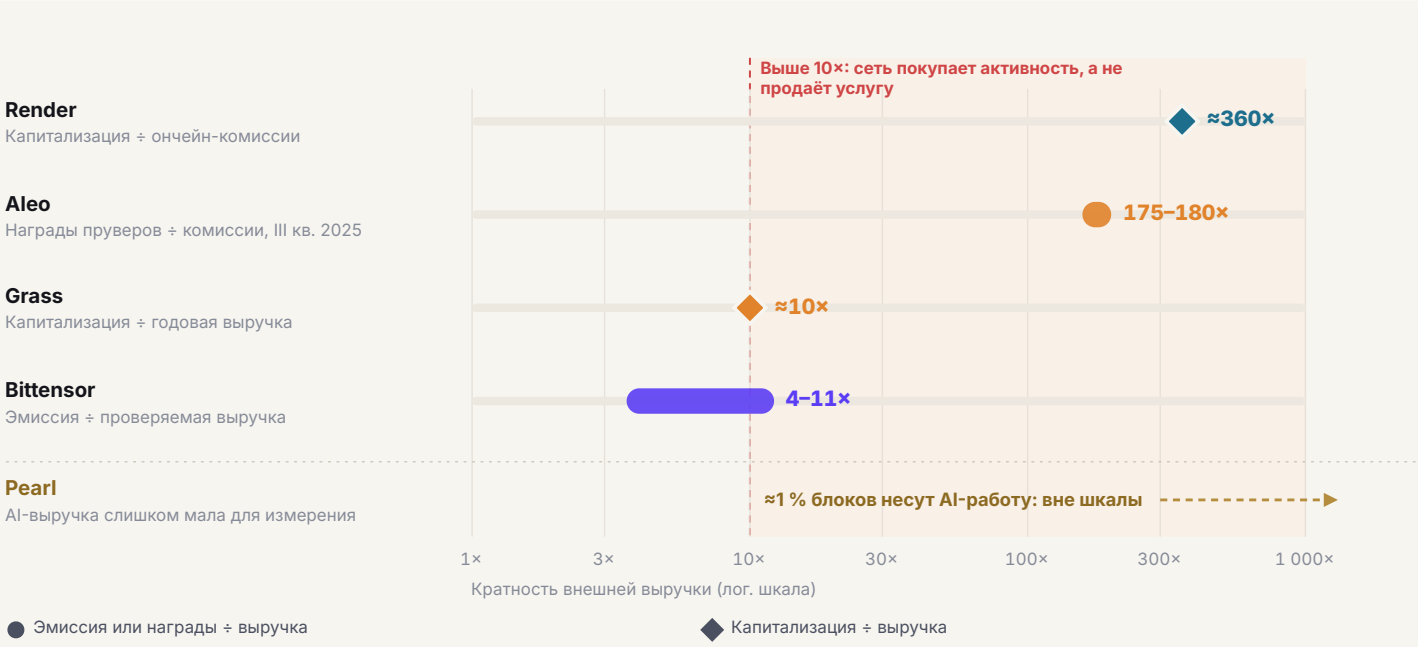
Цепочки простых чисел Primecoin быстро проверялись, но никому не были нужны. Gridcoin полагался на сторонние сайты статистики для подтверждения вклада в BOINC, и исследователи подделывали блоки, не выполняя никаких вычислений. Доказательства хранения Filecoin технически работают, но в третьем квартале 2025 года загрузка составляла лишь 36 %, а 99,5 % из $793 000 комиссий были штрафами, при базовых комиссиях всего $4 100.

Проект	Работа или консенсус	Капитализация (дата)	Путь оборудования	Платёжный спрос против субсидии	Оценка
Pearl	Зашумлённое умножение матриц (MAC INT7 плюс ZK-сертификат)	Около $500 млн (13 ноября)	GPU; черновик FP8 ввёл бы белый список Hopper и Blackwell	Около 1 % блоков с AI-работой; доход майнеров — в основном субсидия	Самый правдоподобный механизм; спрос не доказан
Kaspa	kHeavyHash (произведение матрицы 64 × 64 на вектор, 4 бита, между хешами)	Около $840 млн (13 ноября)	ASIC примерно через 16 месяцев после запуска; теперь только ASIC	Полезности не заявляет; выручка майнеров около $18 млн в год оценка	Матрица не делает работу ни полезной, ни защищённой от ASIC
Aleo	Синтетическая головоломка SNARK плюс доказательство доли	Около $118 млн (конец III кв. 2025)	Специализированные машины примерно через пять месяцев	Награды пруверов примерно в 175–180 раз больше комиссий	Синтетическая работа на субсидиях

Проект	Работа или консенсус	Капитализация (дата)	Путь оборудования	Платёжный спрос против субсидии	Оценка
Qubic	«uPoW» (заявляет обучение Aigarth)	Около $50 млн (13 ноября)	CPU и GPU; ASIC для Dogecoin с апреля 2026	Независимых доказательств полезности нет; вычисления идут на внешний майнинг и выкуп	Агрегация вычислений в обёртке AI-истории
Bittensor	Консенсус Yuma (оценка с весом по стейку)	Около $2,55 млрд (11 ноября)	GPU общего назначения; пути к ASIC нет	Около $70 млн проверяемой выручки в год против более чем $300 млн эмиссии	Единственная с внешней выручкой в масштабе; всё ещё субсидия в 4–11 раз
Filecoin (для сравнения)	Доказательства репликации и пространства-времени	Около $1,5 млрд (конец III кв. 2025)	—	Загрузка 36 %; квартальные базовые комиссии $4 100	Полезна, но спроса не хватает

РИС. 04 **Кратность субсидии: во сколько раз сеть платит больше внешней выручки**

Эмиссия или капитализация, делённая на выручку извне сети, логарифмическая шкала



Источник: Blockworks (Aleo, III кв. 2025), DefiLlama (комиссии Render), CoinGecko, hoge.gg (Bittensor), Dealroom (Grass), Blockworks 0xResearch (Pearl); расчёт автора.

Урок для оборудования: фиксированная регулярная работа, оплачиваемая ликвидным токеном, получает ASIC примерно за 3–16 месяцев, причём часто от претендентов раньше, чем от действующих игроков. Заявления о «полезности» держались только там, где за результат платит внешний заказчик. А главные причины того, что оборудование становится бесполезным, — высокая субсидия относительно выручки и контроль разработчиков над функцией работы.

ГЛАВА 06

ОБЩАЯ КАРТИНА

06 Остальное AI × crypto: спрос реален, но мал, а стоимость уходит в акции

Децентрализованные рынки вычислений

У децентрализованных вычислений есть платящие клиенты, но спрос мал, сконцентрирован и в основном сводится к перепродаже инференса открытых моделей. Проверяемые в цепи комиссии невелики: DefiLlama показывает около $2,35 млн комиссий у Render за последний год и около $680 000 у Livepeer, а весь сектор DePIN заработал в 2025 году лишь около $72 млн ончейн-выручки. Самостоятельно заявленные цифры больше, но определены размыто: Aethir сообщает о «более чем $127,8 млн» выручки за 2025 финансовый год, не уточняя, валовые ли это счета или доля протокола. Стоимость токенов и выручка разошлись в обе стороны: капитализация Render примерно в 360 раз больше её ончейн-комиссий, а капитализация Aethir, около $87,7 млн, ниже её самостоятельно заявленной выручки оценка.

Заявление о том, что это на 70–85 % дешевле, верно только по сравнению с ценами гиперскейлеров по требованию. 3 ноября средневзвешенная цена H100 на Akash составляла около **$2,73 за GPU-час** (диапазон $2,04–3,16) — ниже примерно $6,88 на AWS и $11,06 в Google Cloud, но выше примерно $1,73 на Vast.ai, $1,99 в community cloud RunPod и около $2,44 при резервировании на год (цены на других платформах — по состоянию на 12 сентября; Akash как издатель — заинтересованная сторона). Спрос — в основном типовой инференс, распространяемый через OpenRouter: около 1,7 млрд токенов в день на AkashML и более 4 млрд на io.net, в прямой конкуренции со всеми неооблаками. Крупнейшие доллары «децентрализованных вычислений» рецентрализуются: Axe Compute, держащая токен Aethir как казначейский актив, подписала пятилетний контракт на $1,5 млрд на аренду собственного кластера из 9 200 B300 при выручке за первый квартал 2026 года в $35 000.

Децентрализованное обучение и инференс

Обучение через интернет продемонстрировано на 8–40 млрд параметров. Pluralis-8B обучалась 40 дней на 330 узлах, в основном на потребительских GPU, и достигла 63 % эффективности централизованного эталона на H100, хотя в её статье признаётся, что прогон не был децентрализованным и требовал собственных узлов Pluralis и органа допуска. Psyche от Nous Research завершила 40-миллиардный прогон предобучения Consilience. В передовом масштабе работа рецентрализовалась: INTELLECT-3 от Prime Intellect, модель mixture-of-experts на 106 млрд параметров, обучалась два месяца на 512 H200, соединённых InfiniBand на 400 Gbps. Ограничения очевидны: узлам нужна пропускная способность не менее 200 Mbit/s и сжатие коммуникаций примерно в 100 раз, а доверие и проверка по-прежнему зависят от привилегированных ролей оператора.

Деньги ушли акционерным компаниям, продающим централизованные продукты. У Prime Intellect было более $100 млн годовой выручки до того, как в июле она привлекла $130 млн при оценке $1 млрд; Venice, приложение приватного инференса, сообщает о более чем $70 млн годовой выручки и прибыли с первого квартала 2026 года (данные компании), привлекла $65 млн при оценке $1 млрд и работает на арендованных GPU. На стороне токенов основная сеть обучения Gensyn всё ещё «будет определена позже», а её то-

кен стоит около $17,2 млн; токен Ritual, AI-нативного layer-1, упал на 72 % от максимума после запуска mainnet (только по заголовку).

Проверяемый ИИ

Продакшен выбрал доверенные среды исполнения (TEE). Конфиденциальные вычисления Hopper добавляют менее 7 % накладных расходов к типичным запросам LLM и почти ничего для больших моделей; накладные расходы Phala в продакшене составляют около 0,5–5 %, но к концу 2025 года платили лишь 398 из её 10 004 пользователей. Корень доверия TEE — производитель чипа: атака TEE.fail, раскрытая в октябре 2025 года, использовала интерпозер на шине DDR5 стоимостью менее $1 000, чтобы извлечь ключи аттестации из полностью обновлённых машин Intel TDX и AMD SEV-SNP, что, в свою очередь, подрывает конфиденциальные вычисления на GPU NVIDIA, а оба производителя заявляют, что физические атаки не входят в их модель угроз. Это как раз среда DePIN, где у операторов узлов есть физический доступ. zkML уже может доказать полную LLM: DeepProve от Lagrange доказывает GPT-2 со скоростью около 174 токенов в минуту и Gemma 3 — около 86, что на порядки отстаёт от продакшен-инференса, и раскрытого платного использования нет.

Платежи агентов и данные

x402 — лучший предостерегающий пример. TRM Labs насчитывает около 198,9 млн транзакций и $52,7 млн, проведённых известными фасилитаторами с мая 2025 года, 99,6 % — в USDC; после исключения самоплатежей, пакетных потоков и продавцов с менее чем десятью покупателями доля, реально инициированная агентами, составляет лишь 0,6–7,5 %, **около $5 000–11 000 в месяц**. Artemis считает, что более 95 % активности — это сигнализация протокола, а не купля-продажа. Тем временем рельсы стандартизируют действующие игроки: 14 июля под эгидой Linux Foundation создан x402 Foundation с Visa, Mastercard, Stripe, Google, AWS, Cloudflare и Coinbase в качестве ключевых участников, а Tempo, соавтор Machine Payments Protocol вместе со Stripe, в марте запустила mainnet при оценке $5 млрд. Платформы агентских токенов всё ещё живут по логике лаунчпадов: Virtuals самостоятельно заявляет $479 млн «aGDP», а основатель ElizaOS объявил её токен мёртвым после урегулирования коллективного иска. Стоимость, скорее всего, достанется эмитентам стейблкоинов и действующим платёжным игрокам; особая роль crypto здесь, возможно, — идентичность и подотчётность агентов.

Данные — один из немногих подсекторов с реальными покупателями вне цепи. Grass сообщает о $17 млн выручки от данных в 2025 году и ещё $17 млн в первом полугодии 2026 года, ставит цель в $75 млн на год и заявляет о прибыльности; GRASS стоит около $328 млн, примерно в десять раз больше годовой выручки первого полугодия оценка. Её ров — масштаб сбора через распределённую домашнюю полосу пропускания, а не сама crypto. У DAO данных и маркетплейсов данных видимого платёжного спроса нет: Vana стоит около $21,5 млн, Ocean — около $27,6 млн, и Ocean судится с Fetch.ai. Доказательство личности получает реальные интеграции по мере роста числа агентов: World заявляет, что проверил почти 18 млн человек, а Zoom, Docusign и Tinder поддерживают части World ID.

Капитал проголосовал

Сектор	Проверяемый платёжный спрос	Сигналы субсидий и оценки	Оценка
Сети полезной работы	Bittensor — около $70 млн проверяемой внешней выручки в год; Pearl — около 1 % блоков с AI-работой	Aleo — в 175–180 раз; Bittensor — в 4–11 раз; Pearl — в основном субсидия	Механизмы ценны; полезности нужны платящие клиенты

Сектор	Проверяемый платёжный спрос	Сигналы субсидий и оценки	Оценка
Децентрализованные рынки вычислений	Ончейн-комиссии около $0,68–2,35 млн в год (Livepeer, Render); заявлено самостоятельно $4–128 млн	Капитализация Render примерно в 360 раз больше комиссий	Реально, но мало, в основном перепродажа типового инференса
Децентрализованное обучение и инференс	Акционерные компании: Prime Intellect — более $100 млн в год, Venice — более $70 млн (централизованная инфраструктура)	Основная сеть обучения Gensyn не запущена; токен Ritual −72 % от максимума	Технический прогресс реален; прибыль уходит в акции
Проверяемый ИИ	TEE в продакшене (398 платящих пользователей у Phala); платного zkML не раскрыто	—	TEE полезны; zkML на ранней стадии
Платежи агентов	Потоки, инициированные агентами, — около $5 000–11 000 в месяц	Около 200 млн транзакций, в основном сигнализация и спекуляция	Сначала рельсы, спрос потом
Сети данных	Grass — $17 млн в I полугодии 2026 (по своим данным)	GRASS — примерно в 10 раз больше годовой выручки	Один из немногих секторов с реальными покупателями

Если поставить шесть секторов рядом, вывод последователен: **субсидия — топливо для холодного старта, а не бизнес-модель.** 13 ноября категория AI в CoinGecko стоила в сумме около $18,6 млрд, но около 56 % этой суммы приходится на layer-1 общего назначения, такие как NEAR и ICP, плюс проекты уровня консенсуса, такие как TAO, застейканный TAO (возможно, двойной счёт с TAO) и Pearl; AI-токены уровня протоколов и приложений в сумме стоят около $8 млрд или меньше оценка. Это примерно совокупная оценка четырёх акционерных компаний: Tempo ($5 млрд), Nous ($1,5 млрд по сообщениям), Prime Intellect ($1 млрд) и Venice ($1 млрд). Венчурное финансирование crypto застряло на уровне около $4,5–5 млрд в квартал, а прирост даёт AI-инфраструктура, чья доля в раскрытых суммах выросла с 8,1 % до 18,2 % в третьем квартале 2026 года; и 84,7 % из 118 токенов, запущенных в 2025 году, торгуются ниже цены запуска. Одной фразой: **crypto даёт дистрибуцию и расчёты, прибыль забирает акционерный капитал** — по крайней мере в 2026 году.

ГЛАВА 07



07

ЭКОНОМИКА ASIC

Вопрос ASIC: одна формула, три мерила

Одна формула: почему эффективность перестаёт окупаться после k = 5

Пусть R — суточная выручка на единицу вычислений (доход майнеров сети, делённый на хешрейт сети), c — суточная стоимость единицы вычислений на маржинальном оборудовании (в Pearl — GPU), а k — во сколько раз ASIC дешевле этого маржинального оборудования ($c_{ASIC} = c/k$). Пока маржинальными майнерами остаются GPU, свободный вход и выход толкают R к c, поэтому ASIC зарабатывает $R - c/k$ на единицу вычислений:

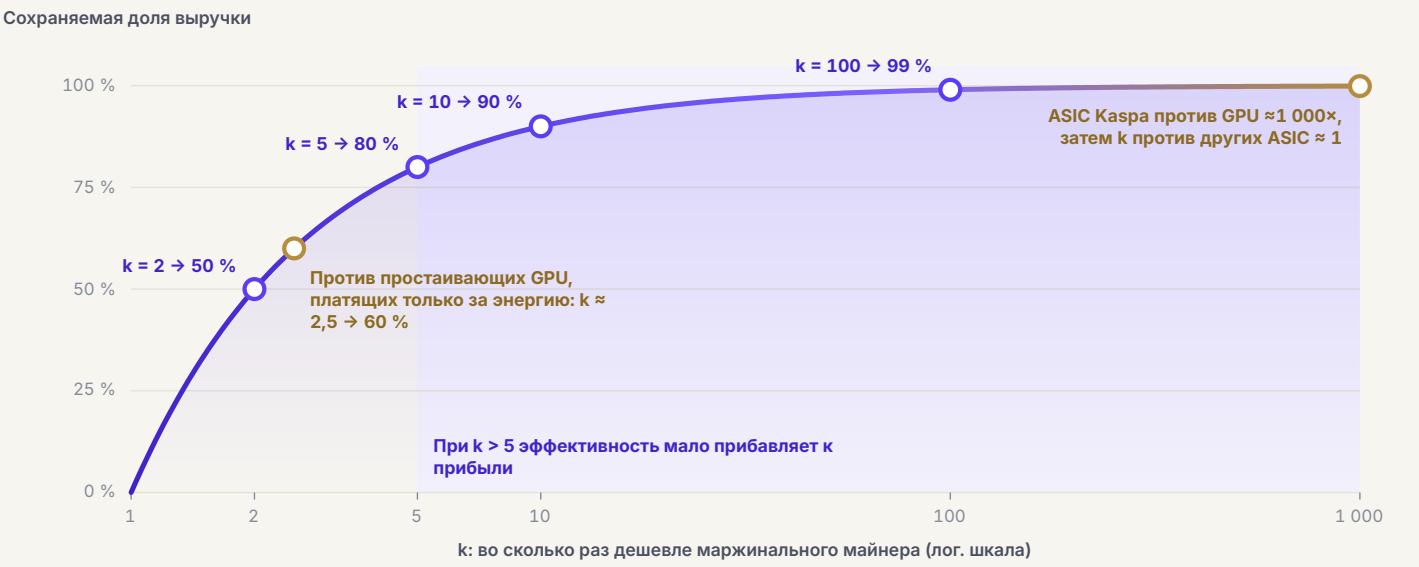
Потолок прибыли ASIC ≈ R × (1 − 1/k)

В масштабе сети годовой потолок валовой прибыли парка ASIC приблизительно равен выручке майнеров сети × (1 − 1/k), и только до тех пор, пока ASIC не заменят GPU в роли маржинальных майнеров.

У формулы три следствия. Во-первых, (1 − 1/k) вогнута: при k = 2 ASIC сохраняет 50 % выручки, при k = 5 — 80 %, при k = 10 — 90 %, при k = 100 — 99 %. **Сверх k = 5–10 дополнительная эффективность почти не добавляет прибыли**; решают величина R и размер призового фонда. Во-вторых, точка отсчёта обнуляется: как только маржинальными майнерами становятся ASIC, k приходится измерять против других ASIC. У ASIC Kaspa было примерно 1 000-кратное преимущество в эффективности над GPU, которое принесло лишь кратковременную сверхприбыль; сегодня лучший KS7 зарабатывает $0,86 в день. В-третьих, в дружественной к GPU сети вроде Pearl точкой отсчёта часто служит не цена покупки GPU, а **электричество простаивающего GPU**: собственная RTX 5090 при 525 W и $0,10 за kWh стоит около $1,26 в день на электроэнергию и зарабатывает около $5–6 оценка. Против GPU, затраты на которые уже понесены, даже ASIC, потребляющий пятую часть энергии, имеет эффективный k лишь около 2,5, если его амортизация равна затратам на электричество, и потолок прибыли около 60 % от R (иллюстративное допущение).

РИС. 05 **Почему эффективность перестаёт окупаться: ASIC сохраняет не более 1 − 1/k выручки**

Доля выручки, которую ASIC может сохранить против маржинального майнера, в зависимости от преимущества k



Источник: Модель автора: когда цену задаёт маржинальное оборудование, выручка на единицу вычислений стремится к его затратам; цифры Kaspa и RTX 5090 из отчёта.

Три мерила: призовой фонд, масштаб окупаемости и правила

Первое мерило — **призовой фонд**. В пересчёте на год около 2 893 BTC наград за блоки за первую неделю ноября (около $222 млн) майнеры биткоина зарабатывают около $11,5 млрд в год оценка. Майнеры Pearl зарабатывают около $0,46–0,49 млрд (по текущим ценам); награды пруверов Aleo в пересчёте на год по третьему кварталу 2025 года — около $31 млн; майнеры Kaspa при награде за блок 1,945 KAS и десяти блоках в секунду — около $18 млн оценка. **Вся годовая выручка майнеров Kaspa меньше нижней границы бюджета разработки одного чипа на 5/4 нм (около $30 млн).**

Второе мерило — **хешрейт, необходимый для окупаемости NRE**:

h* = NRE ÷ [R × (1 − 1/k) × T × p]

где T — полезное окно в днях, а p — вероятность того, что правила в этом окне не изменятся. Для Pearl возьмём R = $14 за PH/s в день, k = 5, T = 365 дней и NRE в $20 млн (чип с повторяющимся массивом на N7/N6; у нижней границы диапазонов $5–30 млн для средних техпроцессов по Silicon Analysts и $15–100 млн для вычислительных ASIC на 7/6 нм по AnySilicon, потому что майнинговый чип использует мало IP и повторяющуюся структуру; моё допущение). При p = 1 нужно около **4,9 EH/s** в работе в течение полного года, около 5 % сети; при p = 0,5 — около **9,8 EH/s**, около 11 %; а если R вернётся к летнему уровню около $10, даже при p = 1 нужно около 6,9 EH/s оценка. Масштаб достижим. Проблема — в p и T.

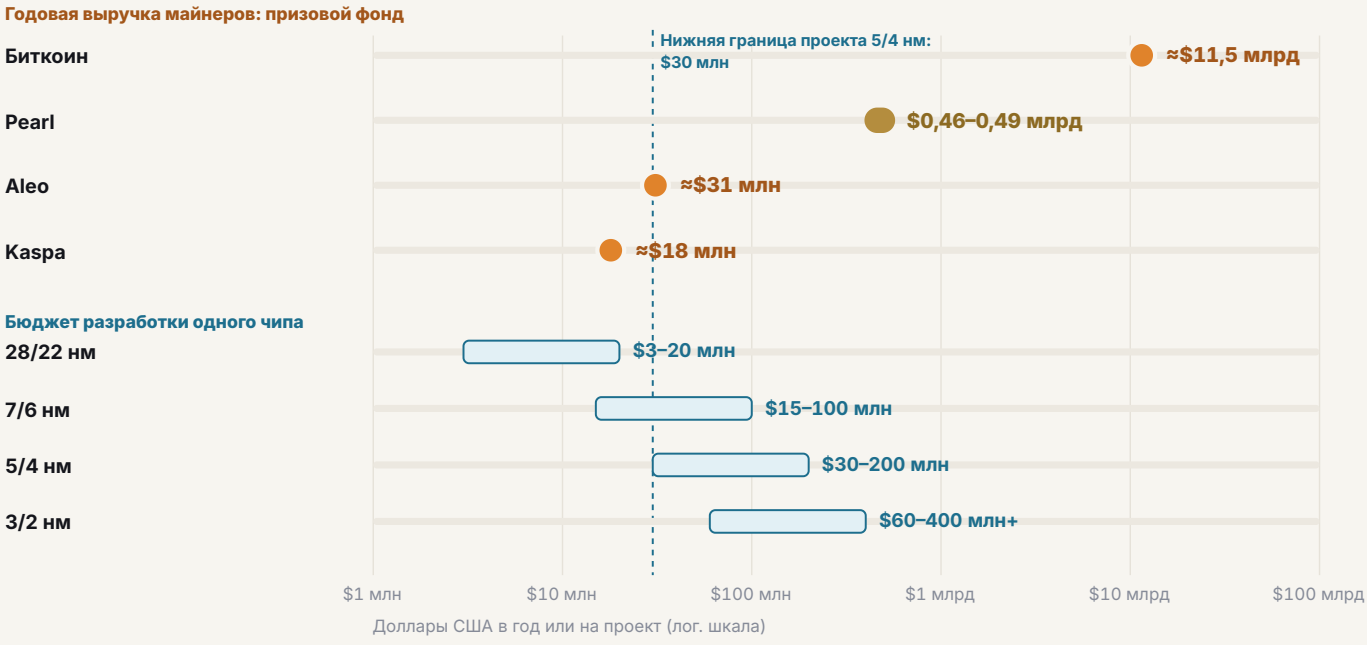
Третье мерило — **риск правил**, и оно часто решающее. Анти-ASIC форк Monero в 2018 году оставил без дела X3 от Bitmain и ненадолго лишил сеть почти половины хешрейта. Форк Sia в том же году превратил в кирпичи майнеры Bitmain и Innosilicon, а цена подержанного майнера Obelisk, связанного с разработчиками, выросла с $2 499 до более чем $5 000. Чуть больше чем через месяц после Merge в Ethereum менее 20 % бывших майнеров Ethereum нашли новую работу. **Кто контролирует функцию работы, тот определяет судьбу инвесторов в оборудование**, а Sia показывает, что «устойчивость к ASIC» может стать собственным рвом разработчиков. Выживает оборудование со вторым рынком: после Merge GPU ушли в ИИ и облако, а одноалгоритмические ASIC сгрудились в Ethereum Classic. Окно тоже сужается: первый ASIC для

Kaspa появился примерно через 16 месяцев, для Aleo — примерно через пять, и первым до границы эффективности часто доходит претендент, а не действующий игрок.

Сеть	Годовая выручка майнеров (около)	Маржинальное или эталонное оборудование	Стабильность правил	k, доступный новичку	Оценка
Биткоин	$11,5 млрд	Bitmain S23 XP Hyd (8,9 J/TH, $25,5 за TH)	Очень высокая	≤1	Большой призовой фонд, но k принадлежит действующим игрокам
Pearl	$0,46–0,49 млрд (по текущим ценам)	Собственные или простаивающие GPU (маржинальные затраты ≈ электричество) и серверные GPU	Очень низкая: четыре форка за два месяца; белый список FP8 на рассмотрении	Возможно, в 3–10 раз по эффективности анализ ; меньше против GPU с понесёнными затратами	Призовой фонд достаточно велик; риск правил накладывает вето
Aleo	Около $31 млн (III кв. 2025, в годовом выражении)	IceRiver AE2 и другие специализированные машины	Средняя: порог стейка ARC-46	≈1	Малый призовой фонд, и порог растёт
Kaspa	Около $18 млн	KS7 (77 J/TH)	Высокая	≈1	Годовая выручка ниже нижней границы бюджета одного проекта на 5/4 нм

РИС. 06 **Большинство призовых фондов меньше бюджета на один чип**

Годовая выручка майнеров четырёх сетей против стоимости разработки чипа по техпроцессам, лог. шкала



Источник: Hashrate Index (биткоин, ноябрь 2026), prlstats и Kryptex (Pearl), Blockworks (Aleo, III кв. 2025), minerstat (Kaspa), AnySilicon (бюджеты разработки, 2026); в годовом выражении — расчёт автора.

Квадрант «большой призовой фонд, стабильные правила и k > 1» сегодня пуст: у биткоина есть призовой фонд и стабильные правила, но его k принадлежит действующим игрокам; призовой фонд Pearl достаточно велик, но её правила наименее стабильны; у Kaspa и Aleo правила достаточно стабильны, а призовые фонды слишком малы.

ГЛАВА 08

08 ЧИП ЗА ЧИПОМ
Пять типов чипов — пять ответов

PoUW в духе Pearl: никакого специализированного INT7-чипа; ставка на майнер, способный обслуживать инференс

Аргументы за ASIC реальны. Сегодня лишь около 1 % блоков несут AI-работу, так что экономический довод whitepaper — что специализированный ASIC теряет способность выполнять полезную работу и потому зарабатывает меньше — сейчас слабее всего. Самые дорогие части GPU, HBM и корпусирование CoWoS, составляют около 63 % себестоимости H100, а логический кристалл — лишь около 9 %. Чип, который не делает ничего, кроме 7-битных целочисленных умножений с накоплением, держит операнды во встроенной SRAM и работает при низком напряжении, вполне может быть в 3–10 раз лучше GPU того же техпроцесса по энергии на операцию и иметь ещё большее преимущество по стоимости операции [анализ; измерений пока нет]. Аргументы против весомее. Сроки изготовления на фабриках на передовых техпроцессах могут превышать 50 недель, а новой команде нужно около 18–24 месяцев от старта до серии оценка; к моменту появления чипа Pearl вполне может перейти на FP8, а затем на FP4. А поскольку PIP-3 определяет допущенную арифметику через белый список устройств, INT7-чип просто перестанет работать после её активации.

Поэтому мой вывод: **не делать сейчас тейп-аут специализированного INT7-чипа для Pearl.** Есть две ставки получше. Первая — ускоритель прежде всего для инференса, способный и майнить: построенный вокруг GEMM INT8/FP8 общего вида и операндов в SRAM, чтобы при закрытии доступа к майнингу стоимость оказалась на реальном рынке инференса. Вторая — включиться в дискуссию о протоколе и добиваться вендорно-нейтральной канонической арифметики, которую ASIC может реализовать точно, вместе с обязательством стабильности алгоритма, — это предварительное условие для того, чтобы квадрант «большой призовой фонд, стабильные правила, k > 1» вообще существовал. До тех пор архитектуру можно проверять на FPGA или мультипроектных пластинах (MPW) на зрелых техпроцессах, удерживая риск NRE в пределах миллиона долларов. Глава 10 превращает это в поэтапный бюджет.

Майнеры в духе биткоина: k у действующих игроков, а дефицитный актив — энергия

Риск правил у биткоина самый низкий, но конкуренция опускает k новичка ниже 1. S23 XP Hyd от Bitmain достигает 8,9 J/TH, продаётся по $25,5 за TH и поставляется с ноября; эффективность флагманов улучшилась с 17,5 J/TH у S21 в 2023 году до 8,9 J/TH — примерно на 49 % за три года. Новичку, поставляющему серийно в 2027–2028 годах, для выживания понадобится около 8 J/TH или лучше оценка. Претенденты уходят: Canaan сообщила о выручке за второй квартал 2026 года в $31,9 млн при валовом убытке $29,3 млн и дала прогноз лишь $11–15 млн на третий квартал; продажи собственных установок Bitdeer внешним покупателям в третьем квартале упали до $0,3 млн при валовой марже группы 3,4 %; Auradine переимено-

валась в Velaura AI и переключилась на AI-чипы; a Core Scientific отменила заказ примерно на 15 EH/s машин на 3 нм у подразделения Proto компании Block, списав убыток в $41,9 млн.

Спрос тоже сокращается. 9 ноября hashprice составлял около $31,89 за PH/s в день, форвардная кривая до апреля 2027 года в среднем давала около $32,7, а комиссии составляли лишь 0,72 % от наград за блоки. При $0,045 за kWh S23 XP Hyd окупается примерно за 3,1 года оценка — близко к следующему халвингу, ожидаемому около 2028 года. Важнее альтернативная стоимость энергии: аренда под ИИ и высокопроизводительные вычисления сейчас приносит около $1,67–1,9 млн на законтрактованный мегаватт в год, что при чистом операционном доходе 80–85 % примерно в 1,5–2,9 раза больше валовой прибыли майнинга на мегаватт (около $0,56–0,9 млн) [оценка; базы мегаватт различаются]. Core Scientific прекратит майнинг в четвёртом квартале; Bitfarms, теперь Keel, закрыла все свои майнинговые площадки в США; IREN за один квартал заработала $200 млн на AI-облаке и лишь $28 млн на майнинге. **Активы — это энергия и мощности дата-центров; майнинговые машины — расходный материал.**

Арифметика NRE столь же беспощадна. Передовая эффективность теперь требует техпроцессов класса 3 нм (по вторичным источникам, MicroBT использует Samsung SF3, а чипы Auradine и Proto — 3 нм). Фотошаблоны стоят около $10–20 млн, полный NRE — $30–100 млн и более; при $20–25 за TH и валовой марже 30 % каждый проданный 1 EH/s приносит около $6–7,5 млн валовой прибыли, так что для покрытия годовых затрат на НИОКР масштаба Bitdeer, около $110–160 млн, нужно продавать внешним покупателям около 20–25 EH/s в год, примерно 2 % сети оценка. Вывод: **новой команде не стоит выходить на открытый рынок биткоин-майнеров.** Три варианта всё же имеют смысл: вертикальная интеграция с собственной дешёвой энергией; нишевые форм-факторы, такие как домашние и отопительные майнеры (Canaan тоже выпускает домашние отопительные продукты); и участие в дорожных картах действующих игроков через IP и услуги дизайна.

Чипы для обучения ИИ: не для малой команды

Для чипов обучения k заработать труднее всего. При том же поколении и точности Ironwood от Google опережает B300 по эффективности FP8 на уровне чипа лишь примерно в 1,1–1,8 раза (мощность Ironwood — оценка журналиста) оценка; часто цитируемые 30–80 раз из статьи о TPU v1 измерены против K80, у которого не было тензорных ядер. Настоящий рычаг — формат чисел: переход с FP8 на FP4 обычно даёт в 2–3 раза большую производительность на том же кремнии, и NVIDIA движется туда быстрее всех: для Rubin, серийного во втором полугодии 2026 года, она заявляет 50 PF инференса NVFP4. Пороги затрат и поставок ещё выше: бюджеты разработки на 3/2 нм составляют $60–400 млн и более; мощности CoWoS в 2026 году — около 106 000–130 000 пластин в месяц, и TSMC, по сообщениям, рассматривает повышение цен до 20 %; при контрактной цене $15,6 за GB для HBM3E одна только HBM в ускорителе на 288 GB стоит около $4 500 оценка. Этот рынок принадлежит совместной разработке с гиперскейлерами в духе Broadcom (глава 11). Вывод: **малым командам не стоит строить самостоятельные чипы для обучения**; вместо этого — IP, чиплеты или услуги дизайна.

Чипы для AI-инференса: обменять универсальность на k — и это окупается

Инференс — то место, где у ASIC больше всего пространства, потому что k можно купить ценой отказа от универсальности. Etched заявляет, что её сервер из восьми чипов выполняет Llama-70B со скоростью более 500 000 токенов в секунду — примерно в 20 раз больше восьми H100; Taalas зашивает веса модели в масочное ПЗУ и заявляет в 10 раз меньшее энергопотребление и в 20 раз меньшую себестоимость (оба данные производителя). Архитектуры с упором на SRAM обходятся без HBM и CoWoS, а их техпроцессы доступнее: Taalas использует TSMC 6 нм, а Groq перешла с 14 нм на Samsung 4 нм. Криптодистрибуция чипам инференса не помогает, поскольку децентрализованные сети вычислений почти целиком работают на NVIDIA; путь на рынок — экономика закупок неооблаков и крупный внутренний рынок инференса в Китае,

где дата-центры с государственным финансированием обязаны использовать отечественные AI-чипы, импорт H200 сдерживается, а Пекин хочет, чтобы крупные интернет-компании выполняли инференс на отечественных чипах. Вывод: **стоит строить**, если есть понятный заказчик, а степень привязки к моделям и архитектуре — осознанный выбор. Это также лучший второй рынок для майнингового чипа PoUW.

Ускорители ZK и FHE: хедж в ZK, ранняя позиция в FHE

GPU уже догнали ZK-доказательство в реальном времени: SP1 Hypercube от Succinct доказал 99,7 % блоков Ethereum менее чем за 12 секунд на 16 RTX 5090. Cysic заявляет, что её чип ZK C1 в 10–100 раз эффективнее GPU-пруверов и будет поставляться в 2026 году, но её спрос во многом создают её же токенные награды данные производителя ; публичных свидетельств того, что ASIC для головоломки Aleo используются для реального ZK-доказательства, я не нашёл. ZK-доказательство целочисленное и детерминированное, по форме близкое к тому, что делают майнинговые чипы, но системы доказательств быстро меняются (SP1, RISC Zero, Halo2, Plonky2 и другие). Вывод: **ждать и хеджировать** программируемыми движками MSM, NTT и хеширования — сначала на FPGA, затем в виде ASIC.

FHE — примитив, сильнее всего привязанный к оборудованию, и с наибольшим потенциалом. Heracles от Intel на Intel 3 площадью 197 мм², с 176 W и 48 GB HBM3 выполняет операции FHE в 1 074–5 547 раз быстрее 24-ядерного Xeon, но коммерческих планов у Intel нет, а руководитель проекта ушёл в декабре 2025 года. Niobium строит чип на Samsung 8LPU с SemiFive в качестве партнёра по дизайну (контракт на разработку около $6,86 млн) и привлекла более $23 млн; Optalysys с фотонным подходом привлекла $31 млн и говорит, что до полноценного коммерческого чипа ещё два-три года; а открытый FPGA-дизайн Zama достигает около 13 000 программируемых бутстрапов в секунду при около 200 W — публичный эталон, который любой ASIC должен уверенно превзойти. Вывод: **занять раннюю позицию и проверять с лёгкими активами** под окно около 2027–2029 годов. Спрос, скорее всего, закрепится в шифрованном ИИ для предприятий и государств, а не в самой криптовалюте, а FHE нужна HBM, так что её структура затрат похожа на структуру затрат чипа для обучения.

Тип чипа	Откуда берётся k	Спрос и призовой фонд	NRE и пороги	Риск правил или привязки	Второй рынок	Оценка
Майнинговый чип PoUW в духе Pearl	Отказ от HBM, CoWoS и универсальных блоков: возможно, в 3–10 раз по J/op анализ	Доход майнеров около $0,46–0,49 млрд в год, волатильный	Повторяющийся массив на N7/N6 — около $10–30 млн анализ	Очень высокий: протокол определяет формат чисел и белый список устройств	AI-инференс, если строить как GEMM INT8/FP8 общего вида	Никакого специализированного INT7-чипа; строить прежде всего для инференса с возможностью майнинга или ждать канонической арифметики
Майнинговый чип SHA-256 для биткоина	k ≤ 1 против Bitmain	Около $11,5 млрд в год, открытый рынок у двух компаний	Фотошаблоны класса 3 нм — $10–20 млн; полный NRE — $30–100 млн и более	Низкий (стабильный алгоритм); высокая конкуренция и риск халвинга	Почти нет (один алгоритм)	Новичкам не входить на открытый рынок; только своя энергия, нишевые форм-факторы или IP

Тип чипа	Откуда берётся k	Спрос и призовой фонд	NRE и пороги	Риск правил или привязки	Второй рынок	Оценка
Чип для обучения ИИ	Систолические массивы того же поколения — лишь в 1,1–1,8 раза; рычаг — формат	Крупнейший (у Broadcom около $58 млрд выручки от AI-полупроводников в 2026 финансовом году)	Разработка на 3/2 нм — $60–400 млн и более; CoWoS и HBM	Ежегодный ритм NVIDIA	—	Малые команды делают IP, чиплеты и услуги дизайна, а не самостоятельные чипы
Чип для AI-инференса	Отказ от универсальности: заявлено в 10–20 раз данные производителя	Большой и фрагментированный; внутренний рынок материкового Китая велик сам по себе	Архитектуры SRAM на N6/N7–N4 посильны	Привязка к моделям и архитектуре	Это и есть основной рынок	Стоит строить: подписать заказчика, затем выбрать привязку
Ускоритель ZK	Заявлено в 10–100 раз лучше GPU данные производителя	Мал, в основном движим токенными наградами	N7/N6, затем N5; сначала FPGA	Системы доказательств быстро меняются	Ограничен вне ZK	Ждать и хеджировать: программируемые движки MSM и NTT
Ускоритель FHE	В 1 074–5 547 раз быстрее Xeon (Heracles)	Ещё не сформирован; закрепится в предприятиях и госсекторе	Нужна HBM; структура затрат близка к чипам обучения	Стандарты и экосистема не устоялись	Шифрованные вычисления, приватный ИИ	Ранняя позиция, проверка с лёгкими активами; окно 2027–2029

РИС. 07 **Пять типов чипов — пять ответов**

Откуда берётся преимущество k, куда кремний можно продать, если правила изменятся, и вывод



Майнинговый чип PoUW в духе Pearl

НЕ СЕЙЧАС

k: без HBM и универсальных блоков: 3–10× на операцию (вывод)

Второй рынок: AI-инференс, если GEMM INT8/FP8 общего вида

Ставка на чип прежде всего для инференса, который может майнить, а не на узкий INT7



Майнинговый чип SHA-256 для биткоина

НЕ ВХОДИТЬ

k: ≤1 против действующих игроков

Второй рынок: почти нет

Только со своей энергией, в нишевом форм-факторе или как IP



Чип для обучения ИИ

IP, А НЕ ЧИПЫ

k: 1,1–1,8× при той же точности

Второй рынок: —

Решают корпусирование и HBM; делать IP, чиплеты, услуги



Чип для AI-инференса

СТРОИТЬ

k: отказ от универсальности: заявлено 10–20×

Второй рынок: это и есть основной рынок

Сначала подписать заказчика, потом выбирать привязку



Ускоритель ZK-доказательств

ЖДАТЬ И ХЕДЖИРОВАТЬ

k: заявлено 10–100× к GPU

Второй рынок: ограничен вне ZK

Программируемые движки MSM и NTT; сначала FPGA



Ускоритель FHE

ЗАХОДИТЬ ЗАРАНЕЕ

k: 1 074–5 547× к Xeon (Heracles)

Второй рынок: шифрованные вычисления, приватный ИИ

Окно 2027–2029; проверять с лёгкими активами

Источник: Синтез автора по главам 7 и 8; данные производителей помечены в отчёте.

ГЛАВА 09

ТЕХПРОЦЕССЫ

09 Техпроцессы: пусть выбирает крупнейшая статья затрат за срок службы

Лестница затрат: передовые пластины в десять раз дороже зрелых

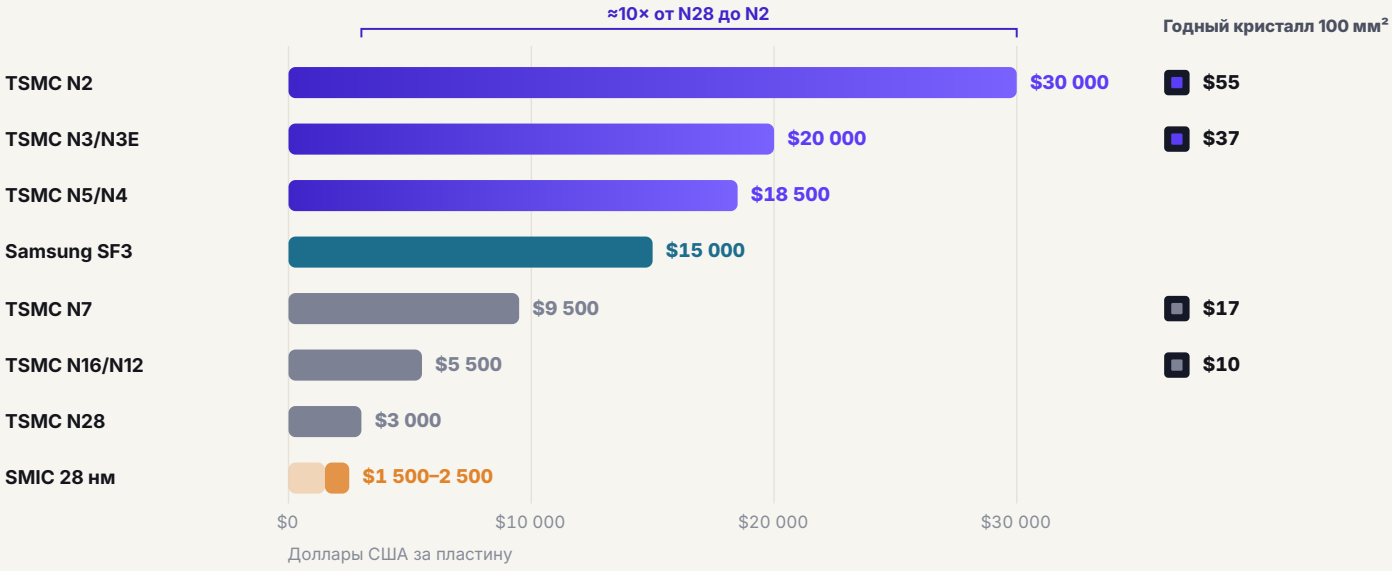
Начнём с бухгалтерии. Передовая пластина сейчас стоит примерно в десять раз дороже зрелой: TSMC N2 — около $30 000, N3 — около $20 000, N7 — около $9 500 и N28 — около $3 000; Samsung SF3 — около $15 000, примерно на 25 % дешевле N3; а себестоимость производства SMIC класса 7 нм, по сообщениям, на 40–50 % выше, чем у TSMC. TSMC, по сообщениям, с января 2027 года повысит цены ещё на 3–6 %, сильнее всего для 2 нм и 3 нм. Стоимость фотошаблонов и разработки различается ещё сильнее, и источники расходятся, поэтому в таблице приведены оба значения.

Техпроцесс	Цена пластины (оценка)	Комплект фотошаблонов (модельное значение / диапазон по справочнику)	Бюджет разработки (AnySilicon)	MPW (на проект)
TSMC N2	Около $30 000	—	3/2 нм: $60–400 млн и более	—

Техпроцесс	Цена пластины (оценка)	Комплект фотошаблонов (модельное значение / диапазон по справочнику)	Бюджет разработки (AnySilicon)	MPW (на проект)
TSMC N3/N3E	Около $20 000 ($18 000–27 000)	$15 млн / $10–20 млн	То же	—
Samsung SF3	Около $15 000 ($13 000–17 000)	$12 млн	—	—
TSMC N5/N4	Около $18 500 ($16 000–21 300, низкая уверенность)	$6,5 млн / $10–20 млн	5/4 нм: $30–200 млн	—
TSMC N7	Около $9 500 ($8 100–10 900)	$3,5 млн / $5–10 млн	7/6 нм: $15–100 млн	Коммерческий $100 000–500 000
TSMC N16/N12	Около $5 500	$1,8 млн	16/12 нм: $6–40 млн	Академический около $35 000 за мм²
TSMC N28	Около $3 000	$1 млн / $1–3 млн	28/22 нм: $3–20 млн	Коммерческий $50 000–150 000; академический около $12 000 за мм²
SMIC 28 нм	$1 500–2 500	—	—	—
SMIC класса 7 нм (N+2/N+3)	На 40–50 % дороже TSMC	—	—	—

РИС. 08 **Передовая пластина стоит в десять раз дороже зрелой**

Оценочная цена 300-мм пластины по техпроцессам и стоимость одного годного кристалла 100 мм² при выходе 85 %



Источник: Цены пластин Silicon Analysts (оценки, N5 с низкой уверенностью), Wccftech (SMIC); стоимость кристаллов — расчёт автора при допущенном выходе годных.

Теперь физика. Классические измерения Хоровица показывают, что программируемая инструкция стоит около 70 pJ, тогда как сама арифметика — несколько пикоджоулей: **арифметика дешева, а накладные расходы дороги**, — именно поэтому существуют систолические массивы и специализированные чипы.

Уменьшение размера элемента вдвое примерно вдвое снижает энергию на операцию, но напряжение питания застряло на уровне около 0,9–1,1 V. Пластина N2 стоит на 50–67 % дороже N3, поэтому, если плотность не вырастет более чем примерно в 1,5 раза, стоимость транзистора не снижается, а растёт оценка: передовые техпроцессы должны окупать себя эффективностью и производительностью. Для кристалла 100 мм² при выходе годных 85 % стоимость каждого годного кристалла составляет около $55 на N2, $37 на N3, $29–34 на N5, $17 на N7 и $10 на N16 [оценка; выход годных — допущение].

Выбор техпроцесса по типу чипа и команде

Моё правило: **пусть техпроцесс выбирает крупнейшая статья затрат чипа за срок службы.** Для вычислительных чипов, работающих с полной нагрузкой круглосуточно (майнинг, ZK), в затратах за срок службы доминирует электричество, поэтому, когда алгоритм стабилен, им следует переходить на N5/N4 и N3/SF3; пока алгоритм не устоялся или денег мало, сначала — проверка на MPW зрелых техпроцессов. Для чипов обучения узкое место — корпусирование и память (HBM и CoWoS — около 63 % спецификации материалов H100), так что техпроцесс вторичен. Для чипов инференса первое решение — архитектура памяти: дизайны с упором на SRAM могут оставаться на N6/N7–N4, а дизайны с HBM наследуют структуру затрат чипов обучения. FHE ограничена пропускной способностью памяти и не может обойтись без HBM.

Тип чипа	Стартап или малая команда	Крупная компания	Путь материкового Китая	Ключевые моменты
Майнинговый чип PoUW на умножении матриц (данные в SRAM, без HBM)	Прототип на MPW 28 нм или 16/12 нм; первая серия на N7/N6; N5/N4, когда алгоритм и выручка стабильны; кристаллы 50–150 мм² в стандартных корпусах flip-chip	N3/N3E или Samsung SF3	SMIC N+1/N+2 подходит (HBM и CoWoS не нужны), примерно на 40–50 % дороже за годный кристалл	Доминирует энергия; правила протокола — крупнейший риск
Майнинговый чип SHA-256	Не гнаться за передним краем; нишевые форм-факторы могут использовать зрелые техпроцессы	Класс 3 нм; действующие игроки переходят с TSMC 5 нм на 2 нм и с Samsung SF3 на 2 нм (вторичные источники)	Трудно догнать эффективность передовых техпроцессов	Маржу определяют цена энергии и цикл халвинга
Чип для обучения ИИ	Никакого самостоятельного чипа: IP, чиплеты, услуги дизайна	N3P, затем N2/A16; 2–8 чиплетов; заранее обеспечить CoWoS и HBM	SMIC N+2/N+3 с отечественной HBM (модель Huawei); FP8 на чип примерно в 0,2–0,5 от NVIDIA, компенсация масштабом системы	Узкое место — корпусирование и HBM
Чип для AI-инференса	С упором на SRAM или с зашитыми весами, N6/N7 или N4/N5/SF4; только INT8, FP8 и FP4	N3/N2 с HBM (длинный контекст, mixture of experts) или многочиплетная SRAM	SMIC N+2 с LPDDR или GDDR; узкое место — память класса HBM	Степень архитектурной привязки — центральное решение
Ускоритель ZK	Начать на FPGA или MPW 16/12 нм; затем N7/N6 и N5	N5/N3	SMIC N+1/N+2 подходит	Целочисленный и детерминированный; легко проверить
Ускоритель FHE	FPGA (против открытого эталона) или MPW 16/12 нм; для серии нужна HBM	N5/N3 с HBM	Ограничен доступом к HBM	Скорость задаёт пропускная способность памяти, а не арифметика

Передовые или зрелые, четыре типа фабрик и чиплеты

Вариант	Главные сильные стороны	Главные слабые стороны	Лучше всего для
Передовые техпроцессы (N3/N2, SF3/SF2, Intel 18A)	Каждый полный шаг техпроцесса примерно вдвое снижает энергию на операцию; плотная SRAM	Пластины в 3–10 раз, фотошаблоны в 5–15 раз и бюджеты разработки в 10–20 раз дороже, чем на зрелых техпроцессах; сроки более 50 недель; на N2 стоимость транзистора может вырасти	Вычислительные чипы со стабильными алгоритмами, работающие круглосуточно; чипы обучения
Зрелые и средние техпроцессы (N7/N6, N16/12, N28)	Фотошаблоны в пределах миллионов долларов, дешёвые MPW, быстрые итерации, много фабрик (TSMC, UMC, GlobalFoundries, SMIC)	Неконкурентная эффективность при круглосуточной полной нагрузке	Прототипы, нишевые рынки, периферийный инференс
TSMC	Лучший выход годных и экосистема	Самые высокие цены; мощности N2/N3 ограничены; длинные очереди на CoWoS	Команды, стремящиеся к границе эффективности, с обязательствами по объёмам
Samsung Foundry	Пластины примерно на 20–25 % дешевле (SF3 около $15 000 против около $20 000 за N3); используется вторым поколением Groq и другими	Контрактное производство убыточно, цель — безубыточность к концу 2027 года	Чувствительные к затратам вычислительные чипы
Intel Foundry	Сложные чипы, такие как Heracles, проверены на Intel 3	Нет публичных внешних цен и данных о клиентах для 18A; контрактное производство убыточно	Оценивать экосистему и поддержку в каждом случае отдельно
Фабрики в материковом Китае (SMIC и другие)	Близость к крупному внутреннему рынку; пластины 28 нм за $1 500–2 500	Мощности класса 7 нм — около 45 000–60 000 пластин в месяц, в основном поглощаемых Huawei; выход годных около трети от TSMC; затраты на 40–50 % выше; только DUV	Чипы инференса, майнинга и ZK для внутреннего рынка
Чиплеты	Преодолевают ограничения ретикла и выхода годных; стандарт для систем с HBM (MI355X, Ironwood, Trainium3)	Более высокая стоимость корпусирования и зависимость от CoWoS; тестирование заведомо годных кристаллов добавляет затрат	Чипы обучения и крупные чипы инференса; не нужны для малых майнинговых или ZK-чипов

ГЛАВА 10

ПОЭТАПНЫЙ БЮДЖЕТ

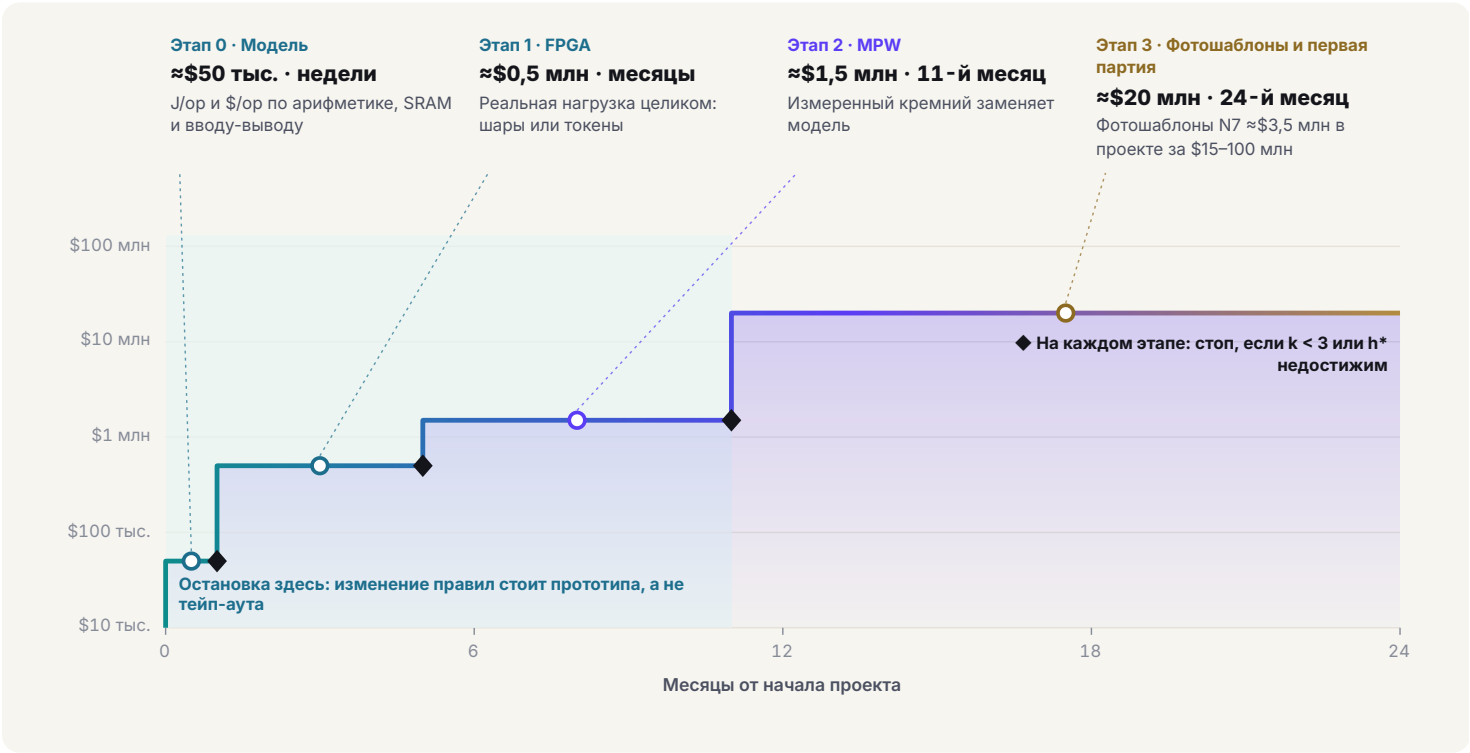
10 От модели до кремния: поэтапный бюджет первого чипа

Купить доказательства раньше фотошаблонов

Full-custom чип — это серия ставок, каждая крупнее предыдущей, и дисциплина в том, чтобы покупать доказательства раньше, чем фотошаблоны. Я использую четыре этапа анализ. Этап 0 — модель: архитектурное исследование, оценивающее J/op и $/op по арифметике, SRAM и вводу-выводу против эталонного оборудования из главы 7; это занимает недели и стоит десятки тысяч долларов. Этап 1 — прототип на FPGA, который выполняет реальную нагрузку от начала до конца, майнинговые шары или токены инференса, и подтверждает тракт данных и интеграцию с протоколом; это несколько месяцев и несколько сотен тысяч долларов. Этап 2 — мультипроектная пластина: коммерческий слот стоит около $50 000–150 000 на N28 и $100 000–500 000 на N7, и измеренный кремний заменяет оценки энергии из модели. Этап 3 — полный комплект фотошаблонов и первая производственная партия: фотошаблоны около $1 млн на N28, $3,5 млн на N7 и $15 млн на N3 в рамках бюджета разработки $15–100 млн на 7/6 нм. На каждом этапе нужна цифра, останавливающая проект, например k ниже 3 против маржинального оборудования или хешрейт окупаемости h*, недостижимый в пределах окна.

РИС. 09 **Купить доказательства раньше фотошаблонов: поэтапный бюджет первого чипа**

Накопленные затраты проекта на N7/N6 в долларах США по четырём этапам, лог. шкала; на каждом этапе есть цифра, останавливающая проект



Источник: Цены пластин, MPW и фотошаблонов как в главе 9 (Silicon Analysts, AnySilicon, модельные значения); сроки и затраты этапов — иллюстративные допущения автора.

Лестница крутая. В проекте на N7/N6 первые три этапа вместе стоят около $1,5 млн и занимают около одиннадцати месяцев; четвёртый стоит более чем в десять раз дороже оценка. Поэтому порядок важнее техпроцесса: если протокол изменит арифметику или покупатель уйдёт, команда, остановившаяся на этапе 2, теряет цену прототипа, а не тейп-аута.

Сколько стоит каждый чип и что должно быть верно

Проект	Этап 2 (прототип)	Этап 3 (техпроцесс и бюджет разработки)	Один годный кристалл 100 мм²	Что должно быть верно для окупаемости
Ускоритель прежде всего для инференса, способный и майнить	MPW 16/12 нм или N7, $0,1–0,5 млн	N6/N7, около $15–30 млн оценка	Около $17 на N7, без корпусирования и памяти	Подписанный заказчик инференса несёт большую часть NRE; доход от майнинга — дополнительный потенциал, а не базовый сценарий
Специализированный INT7-майнер для Pearl (сейчас не рекомендуется)	MPW 28 нм, $0,05–0,15 млн	N7/N6, около $20 млн	Около $17 на N7	Около 4,9 EH/s в течение полного года при p = 1 или 9,8 EH/s при p = 0,5 (глава 7)
Ускоритель ZK	FPGA, затем MPW 16/12 нм	N7/N6, затем N5	Около $10 на N16, $17 на N7	Системы доказательств сходятся на ядрах MSM и NTT, которые может обслуживать фиксированный дизайн
Ускоритель FHE	FPGA против открытого эталона	N5/N3 с HBM, $30 млн и более	Определяется HBM и корпусированием	Покупатель шифрованного ИИ в объёме, которого пока нет

Отсюда два коммерческих вывода. Во-первых, самая дешёвая эффективность — архитектурная: хранение операндов в SRAM и отказ от HBM и CoWoS убирают большую часть стоимости GPU (около 63 % спецификации материалов H100) ещё до выбора техпроцесса. Во-вторых, время — тоже затраты: новой команде нужно около 18–24 месяцев от старта до серии, а сроки на передовых техпроцессах превышают 50 недель, так что протокол, меняющий арифметику каждые несколько месяцев, может сделать чип устаревшим раньше, чем этап 3 окупится.

Три правила для малой команды

В совокупности эти цифры дают три правила анализ. Во-первых, **оставаться на этапе 1 или 2, пока нет конкретного покупателя или замороженной версии протокола**; ни цена токена, ни хешрейт не заменяют ни того, ни другого. Во-вторых, **покупать k сначала архитектурой, а уже потом техпроцессом**: массив с данными в SRAM на N7 может обойти универсальное устройство на N3 на одной нагрузке за долю стоимости фотошаблонов. В-третьих, **записать хешрейт или объём окупаемости вместе с p до тейп-аута** и привязывать платежи по вехам к фиксированной версии протокола, чтобы риск правил нёс заказчик, а не дизайн-центр.

ГЛАВА 11

11 возможности
Где возможности и что бы я сделал

Заказные чипы: спрос подавляюще идёт от ИИ

В 2026 году спрос на заказные чипы подавляюще идёт от ИИ. Выручка Broadcom от AI-полупроводников в третьем квартале 2026 финансового года составила $16,7 млрд, на 221 % больше, чем годом ранее, — около $58 млрд за год, из них 73 % от XPU для шести клиентов (по автоматической расшифровке звонка по итогам квартала). Выручка Global Unichip за второй квартал выросла на 128 % год к году, выручка от производства под ключ — на 188 %, при валовой марже 21,5 %. Выручка Alchip за первый квартал по техпроцессам распределилась так: 21 % — 3/2 нм, 63 % — 7/5 нм и 16 % — 12 нм и выше. Новые заказы VeriSilicon на 2026 год к концу апреля достигли 8,24 млрд юаней (около $1,16 млрд), 91,37 % из них — для AI-вычислений. Рынок имеет три уровня: наверху — многолетняя совместная разработка стоимостью в миллиарды; в середине — проекты от 7 нм до 2 нм с NRE от нескольких миллионов до более чем ста миллионов долларов ($5–30 млн на средних техпроцессах, $30–100 млн и более на передовых); и длинный хвост ASIC на зрелых техпроцессах с NRE $0,5–5 млн. Клиенты из crypto и майнинга — небольшая циклическая ниша, но сегодня это самый быстрый и не требующий разрешений «первый заказчик», платящий за вычисления.

Лучше всего переносятся компетенции команды майнинговых чипов — работа при низком напряжении вблизи порога, массово тиражируемые вычислительные массивы, питание и охлаждение киловаттного класса и быстрые тейп-ауты на передовых техпроцессах, — а это именно то, что нужно чипам инференса и ускорителям ZK и FHE. Рынки капитала это оценивают: Velaura AI (бывшая Auradine) в августе привлекла $110 млн при оценке выше $1 млрд. Контрпример — подразделение периферийных AI-чипов Canaan, которое в 2024 финансовом году имело выручку $0,9 млн, потребляя 15 % операционных расходов, и было закрыто в июне 2025 года. Разница — в независимом выходе на рынок, а не в повторном использовании майнинговых каналов.

Разработка ИИ: часы — товар, ценность — на стыках

В нижнем сегменте услуги разработки ИИ превратились в товар: типичные ставки на Clutch — $25–49 в час, а в США, Канаде и подобных рынках — $50–99; команда разработки блокчейна стоит от около $15 000 до более чем $90 000 в месяц. У продажи часов нет рва. Ценность — на стыках областей: ядра и компиляторы для заказных чипов, майнинг, встроенный в сервинг инференса (один из примеров — плагин vLLM от Pearl), проверяемый инференс, сочетающий TEE с выборочными ZK-проверками, а также платежи и идентичность для агентов.

Системы AI × crypto: подписать покупателя вычислений раньше токена

Для тех, кто проектирует AI-нативную цепь или сеть вычислений, инструментарий проверки 2026 года сложился. В порядке стоимости на единицу работы, от низшей к высшей: статистическая выборка (proof of sampling от Hyperbolic), делегирование с арбитром (Verde от Gensyn, которому нужен лишь один честный проверяющий, но требуется побитово точное исполнение), TEE (скорость, близкая к нативной, но доверие производителю чипа), полная избыточность и zkML общего вида. Практичная схема — многоуровневая: TEE или выборка для низкой задержки, игры споров или выборочные ZK-проверки для финальности; статья

декабря 2025 года смоделировала конфиденциальные вычисления H100 с доказательствами мошенничества и случайными выборочными ZK-проверками при 99 % централизованной пропускной способности и предельной стоимости $0,07 за запрос. Философия оборудования определяет безопасность и дистрибуцию: PoUW, нативный для GPU, на первых порах защищён арендуемыми облачными GPU, поэтому стоимость атаки привязана к ценам аренды, а Qubic показывает, что доказательство работы на оборудовании общего назначения может быть целиком захвачено внешними стимулами.

Стоимость и время — не барьер. Pearl прошла путь от статьи (апрель 2025) до mainnet примерно за 12 месяцев, на основе форка btcd, с полным узлом, кошельком, лёгким клиентом и майнером на момент запуска. Большинство аудитов DeFi стоят $25 000–100 000, корпоративные или мультичейн-аудиты — $150 000–250 000 и более, ZK-схемы — на 80–120 % дороже, а проекты с реальной стоимостью под риском закладывают на безопасность $150 000–500 000 в год. Настоящие барьеры — дистрибуция и ликвидность. Основатели сообщают, что Binance просила за листинг от 0 % до 3,5 %, а по некоторым утверждениям и 8 %, предложения токена (Binance отрицает, что получает прибыль от листингов); все шесть проектов, изученных Cointelegraph, которые использовали маркетмейкерские сделки «заём токенов плюс колл-опцион», упали, а маркетмейкер Movement продал токенов примерно на $38 млн в день листинга. Альтернативы — ончейн-ликвидность, как у Hyperliquid, которая превысила $10 млрд капитализации без листинга на Binance и чьи бессрочные рынки HIP-3 в июне превысили $3,2 млрд открытого интереса, и публичные продажи через крупные биржи, как когда Monad привлекла $269 млн через Coinbase. Высокая полностью разводнённая стоимость при малом free float была самым явным предиктором падения после запуска в 2025–2026 годах.

Дизайн токена — часть проектирования системы. Эмиссия должна следовать за платёжным спросом, а не опережать его: сети в этом отчёте с самыми здоровыми кратностями субсидии привязывают награды к работе, за которую платит внешний покупатель, а сети с худшими платят за хешрейт или стейк, за которыми ничего не стоит. Практичное правило — до запуска опубликовать кратность субсидии, к которой сеть стремится в первый, второй и третий год, и сокращать эмиссию, если цель не достигнута анализ.

Направление	Кто покупает и готовность платить	Окно	Ключевые компетенции	Главный риск
Ускоритель прежде всего для инференса с возможностью майнинга	Неооблака, частные развёртывания, сети PoUW	2027–2028 (в зависимости от форков FP8 и FP4)	GEMM INT8, FP8 и FP4; архитектура SRAM; интеграция с протоколом	Допуск протоколом, архитектурная привязка
Чип инференса с SRAM или зашитыми весами	Неооблака, дата-центры в материковом Китае, периферия	Сейчас	Компиляторы и адаптация моделей; дизайн на N6–N4	Модели меняются слишком быстро
Майнинговый чип (нишевый или вертикально интегрированный)	Майнеры с собственной энергией; домашние и отопительные майнеры	Сейчас, в пределах халвинга и hashprice	Низковольтные массивы, эффективность, серийная цепочка поставок	Ценовые войны действующих игроков, цены на энергию
Ускорение ZK-доказательств	Сети пруверов, rollup-решения	Ждать, пока системы доказательств сойдутся	Программируемые MSM и NTT	Спрос зависит от токенных наград
Ускорение FHE	Шифрованный ИИ для предприятий и государств; приватные сети	2027–2029	NTT, системы с HBM, криптографическая инженерия	Спрос не сформирован; долгие циклы продаж

Направление	Кто покупает и готовность платить	Окно	Ключевые компетенции	Главный риск
Укрепление TEE и проверяемый инференс	Сети конфиденциального инференса, DePIN	Сейчас	Шифрование памяти с контролем целостности, независимые корни аттестации, выборочные ZK-проверки	Зависимость от экосистем производителей
AI-нативная цепь или сеть вычислений	Покупатели инференса, майнеры, разработчики	Сейчас	Проектирование проверки, проектирование эмиссии, дистрибуция	Падение после запуска, ликвидность токена

Три пути, которые я бы выбрал, и первый шаг для каждого

Если бы мне пришлось выбирать, я бы выбрал не больше трёх путей, каждый с небольшим первым шагом, который проверяет его до вложения денег анализ.

- **Путь A: ускоритель прежде всего для инференса, способный и майнить.** Первый шаг: четырёхнедельное архитектурное исследование, моделирующее J/op и $/op для массива GEMM INT8/FP8 с данными в SRAM против RTX 5090 и H100 — как на работе Pearl, так и на инференсе трансформеров, — а затем проверка на FPGA или MPW зрелого техпроцесса с NRE в пределах миллиона долларов.
- **Путь B: услуги заказного кремния с crypto как первым заказчиком и ИИ как вторым рынком.** Первый шаг: превратить модель NRE и безубыточности из этого отчёта в платное ТЭО для проектов вычислительных чипов с оплатой по вехам и приёмкой на фиксированной версии протокола.
- **Путь C: AI-нативная сеть, которая подписывает покупателя вычислений раньше токена.** Первый шаг: проектная записка о многоуровневой проверке (TEE плюс выборка плюс выборочные ZK-проверки) и о вендорно-нейтральной канонической арифметике, написанная вместе с одним конкретным покупателем инференса до какого-либо проектирования токена.

ГЛАВА 12

12 ОРИЕНТИРЫ
За чем следить: с ноября 2026 по 2027 год

Когда	За чем следить	Почему это важно
В любой момент	Высота активации FP8 в Pearl	Решает, останутся ли допущены целочисленное оборудование и карты не от NVIDIA и расколется ли цепь
Ежемесячно	Доля блоков Pearl с AI-работой	Лучший единичный тест того, становится ли «полезность» правдой
Ежемесячно	Передают ли провайдеры инференса доход от майнинга клиентам	Встреча платёжного спроса с эмиссией: модель, которая нужна Pearl
Ежеквартально	Проверяемая выручка Bittensor против её эмиссии	Сокращает ли крупнейшая сеть полезной работы свой разрыв субсидии

Когда	За чем следить	Почему это важно
Ежеквартально	Доля потоков x402, реально инициированных агентами	Переходят ли платежи агентов от сигнализации к торговле
Январь 2027 года	Сообщаемое повышение цен TSMC на 3–6 %, сильнее всего для 2 нм и 3 нм	Стоимость тейп-аутов на передовых техпроцессах
Первый квартал 2027 года	FP4 в Pearl, по сообщениям с AMA основателей	Дальнейший сдвиг работы к новейшим форматам NVIDIA
Конец 2027 года	Цель Samsung Foundry выйти на безубыточность	Останется ли здоровым более дешёвый второй источник
Апрель 2028 года	Следующий халвинг биткоина	Вдвое сокращает призовой фонд майнеров SHA-256

ГЛАВА 13

13

ВОПРОСЫ, КОТОРЫЕ СТОИТ ЗАДАТЬ

Вопросы, которые вы не задали, а стоило бы

Ниже — вопросы, которые я бы задал, прежде чем вкладывать деньги или кремний в любой проект AI × crypto.

Кто контролирует функцию работы? Если небольшая команда может изменить арифметику на жёстко прописанной высоте, срок жизни вашего оборудования — её решение. Требуйте письменного обязательства стабильности или проектируйте оборудование со вторым рынком.

Какова кратность субсидии? Разделите эмиссию (или капитализацию) на выручку, полученную извне сети. Кратность выше 10 означает, что сеть покупает активность, а не продаёт услугу.

Сколько стоит следующий этап и какая цифра вас остановит? Мультипроектная пластина стоит десятки или сотни тысяч долларов; комплект фотошаблонов — миллионы. Определите цифру остановки до того, как тратить.

Каков хешрейт окупаемости с учётом p? Разделите NRE на R × (1 − 1/k) × T × p. Если ответ — большая доля сети, чип — это ставка на правила, а не на кремний.

Каков второй рынок чипа? Если протокол форкнется или токен упадёт, куда ещё можно продать кремний? GPU пережили Merge в Ethereum, потому что второй рынок у них был; одноалгоритмические ASIC — нет.

Оседает ли стоимость в токене или в акциях? В 2026 году прибыльные компании AI × crypto — в основном акционерные компании с криптодистрибуцией; решите, что из двух вы строите, прежде чем привлекать деньги.

> **Кто первый платящий заказчик — поимённо?** Каждый устойчивый случай в этом отчёте, от Grass до вычислительных подсетей Bittensor, начинался с конкретного покупателя вне сети.

Это направления, которые я хотел бы исследовать вместе с другими — через технический обмен и техническое сотрудничество: заказные чипы для майнинга, обучения и инференса ИИ, а также ускорители; разработка ИИ; и системы AI × crypto — от цепи до узла и до чипа. Связаться со мной можно по адресу i@tanshuai.com.

Ограничения этого отчёта

Это кабинетное исследование на основе публичных документов по состоянию на 13 ноября 2026 года. Для этой редакции я не проводил первичных интервью и независимых измерений. Ряд ключевых цифр — заявления компаний или производителей, например выручка Aethir, выручка Grass, производительность Etched и Taalas и эффективность Cysic; они помечены соответствующим образом. Метрики цепи Pearl получены с независимого полного узла и из пулов и меняются ежечасно; я использовал показания около 07:13 UTC 13 ноября и привожу диапазоны за тот же день. Стоимость пластин, фотошаблонов и разработки — сторонние оценки и модельные значения, которые расходятся между собой; я привожу диапазоны. Мои расчёты безубыточности ASIC и поэтапный бюджет используют иллюстративные допущения (k, T, p, NRE и стоимость этапов), которые читателю следует заменить своими.

Об авторе

Тан Шуай — технолог и основатель, более двадцати лет работающий в области чипов, оборудования и системного ПО, автор 20 выданных патентов. За его плечами многие годы НИОКР и управления в fabless-разработке чипов, включая full-custom проектирование трактов данных ASIC для майнинговых чипов и мультимедийных чипов для камер, — это и есть оптика этого отчёта: энергия на операцию, стоимость пластины, что протокол позволяет зафиксировать в кремнии и кто платит. Его работа проходила в Кремниевой долине, Нью-Йорке, Чикаго, на Тайване, в районе Большого залива (Шэньчжэнь и Гонконг), во Вьетнаме и Малайзии. Сегодня он работает исследователем и разработчиком ИИ.

Техническое обсуждение: i@tanshuai.com · tanshuai.com

Примечания и отказ от ответственности

Этот отчёт — независимое кабинетное исследование на основе публичных документов, доступных по состоянию на 13 ноября 2026 года. Он предоставляется только для информации и обучения и не является инвестиционной или инженерной консультацией. В нём рассматриваются только технологии и бизнес. Цены, метрики цепей и правила протоколов меняются; всё, на что вы опираетесь, проверяйте по первоисточнику. Цифры с пометками данные производителя, оценка или анализ следует читать именно так. Цены криптоактивов крайне волатильны.

© 2026 Тан Шуай. Этот отчёт можно распространять без изменений с указанием авторства.

Источники

Все обращения — с 10 по 13 ноября 2026 года. Сгруппированы по главам.

Pearl: протокол, код и данные цепи

- Komargodski and Weinstein, "Proofs of Useful Work from Arbitrary Matrix Multiplication", arXiv 2504.09971: https://arxiv.org/abs/2504.09971
- Pearl Research Labs, INT whitepaper: https://pearlresearch.ai/research/int-whitepaper
- Исходный код Pearl: генезис-блок: https://github.com/pearl-research-labs/pearl/blob/main/node/chaincfg/genesis.go ; параметры консенсуса и высоты форков: https://github.com/pearl-research-labs/pearl/blob/main/node/chaincfg/params.go ; учёт хешрейта: https://github.com/pearl-research-labs/pearl/blob/main/zk-pow/src/api/sanity_checks.rs ; руководство по обновлению для форка с солью в seed: https://github.com/pearl-research-labs/pearl/blob/main/docs/salted-seed-fork-upgrade-guide.md ; параметры ветки fp8-scheme: https://github.com/pearl-research-labs/pearl/blob/fp8-scheme/node/chaincfg/params.go
- Pearl Improvement Proposals: https://github.com/pearl-research-labs/pips ; PIP-3, майнинг с плавающей точкой: https://github.com/pearl-research-labs/pips/blob/main/PIPS/pip-0003.md
- prlstats (независимый полный узел): сеть: https://prlstats.com/api/network ; ряды: https://prlstats.com/api/series ; главная страница и модель дохода майнеров: https://prlstats.com/api/home ; добытое предложение: https://prlstats.com/api/mined ; пулы: https://prlstats.com/api/pools ; держатели: https://prlstats.com/api/holders ; допущения по оборудованию и накладным расходам: https://prlstats.com/api/assumptions
- Kryptex Pool: сеть Pearl: https://pool.kryptex.com/prl/about-coin ; хешрейт: https://pool.kryptex.com/prl/hashrate ; RTX 5090: https://pool.kryptex.com/de/device/gpu/nvidia/nvidia-geforce-rtx-5090 ; RTX 4090: https://pool.kryptex.com/device/gpu/nvidia/nvidia-geforce-rtx-4090 ; "Pearl FP8 fork": https://pool.kryptex.com/articles/pearl-fp8-fork-en
- CoinGecko, Pearl: https://api.coingecko.com/api/v3/coins/pearl-2 ; https://www.coingecko.com/en/coins/pearl-research ; история цен: https://api.coingecko.com/api/v3/coins/pearl-2/market_chart?vs_currency=usd&days=365&interval=daily ; поиск тикера «Perle»: https://api.coingecko.com/api/v3/search?query=perle
- SimeonOnSecurity, "Mining Pearl (PRL) in 2026": https://simeononsecurity.com/articles/pearl-prl-mining-guide-2026/
- Hashrate Index, "Pearl (PRL): Inside the AI-Compute Cryptocurrency", 2 июня 2026 года: https://hashrateindex.com/blog/pearl-prl-ai-compute-cryptocurrency/
- Tom's Hardware, "New AI compute cryptocurrency Pearl sparks a GPU mining rush, but profitability is sliding": https://www.tomshardware.com/tech-industry/cryptomining/new-ai-compute-cryptocurrency-pearl-sparks-a-gpu-mining-rush-but-profitability-is-sliding
- Together AI, партнёрство с Pearl Research Labs: https://together.ai/blog/together-ai-partners-with-pearl-research-labs ; страница модели: https://together.ai/models/gemma-4-31b-it-pearl
- Basu, перепись майнинговых экземпляров Pearl, arXiv 2606.04819: https://arxiv.org/html/2606.04819v2
- Blockworks, рассылка 0xResearch, 28 октября 2026 года: https://blockworks.com/newsletter/0xresearch/issue/post_daf0d74a-2bf4-41e4-86d3-2a1275475a24
- Datawallet, "Pearl Explained": https://www.datawallet.com/crypto/pearl-explained
- Coingabbar о сообщении TheMarker о финансировании Pearl Research Labs: https://www.coingabbar.com/en/pearl-research-labs-funding-130m-stealth-round-themarker

Сети полезной работы и история

- Grothe et al., анализ безопасности Gridcoin, USENIX WOOT 2017: https://www.usenix.org/system/files/conference/woot17/woot17-paper-grothe.pdf
- Подделка доказательства обучения, arXiv 2208.03567: https://arxiv.org/abs/2208.03567
- hoge.gg, проверка и доверие в децентрализованном инференсе: https://hoge.gg/decentralized-inference-2026-verification-trust/ ; выручка и казначейство Bittensor: https://hoge.gg/bittensor-quantum-wallet-revenue-tao-treasury-2026/
- Kaspa: код матрицы kHeavyHash: https://github.com/kaspanet/rusty-kaspa/blob/master/consensus/pow/src/matrix.rs ; запуск: https://coinranking.com/coin/V8GxkwWow+kaspa-kas/about ; анонс IceRiver KS1/KS2: https://www.iceriver.io/2023/03/14/1677644580/ ; история перехода от GPU к ASIC: https://captainmining.com/blogs/crypto-news/the-evolution-of-kaspa-mining-from-gpus-to-asic-powerhouses ; хешрейты GPU: https://coincalculators.io/algorithms/kheavyhash ; KS7: https://www.asicminervalue.com/miners/bitmain/antminer-ks7-40th ; сеть: https://minerstat.com/coin/kas ; 1 EH/s в 2024 году: https://ourcryptotalk.com/news/kaspa-reaches-1-ehs-in-hashrate ; Crescendo: https://ourcryptotalk.com/news/kaspa-crescendo-live
- Aleo: FAQ по основной сети: https://aleo.org/post/aleo-mainnet-faq/ ; децентрализованное доказательство: https://aleo.org/post/decentralized-proving-advantages/ ; ASICs: https://whattomine.com/coins/432-aleo-zksnark/asics ; Blockworks, "State of Aleo Q3 2025": https://app.blockworks.com/report/state-of-aleo-q3-2025 ; ARC-46: https://chaincatcher.com/en/article/2144326
- Qubic: The Block о реорганизации Monero: https://www.theblock.co/post/366535/monero-faces-chain-reorganization-fears-after-qubic-says-it-controls-51-of-hashrate ; Halborn: https://www.halborn.com/blog/post/explained-the-monero-51-percent-attack-august-2025 ; майнинг Dogecoin: https://hackernoon.com/qubic-is-now-mining-dogecoin-on-its-ai-compute-infrastructure ; CoinGecko: https://www.coingecko.com/en/coins/qubic

- Документация по консенсусу Bittensor: https://www.bittensor.com/llms.mdx/docs/internals/consensus/content.md ; FalconX, "State of Bittensor": https://www.falconx.io/newsroom/state-of-bittensor-subnet-adoption-trends-network-mechanics-and-covenants-departure
- Primecoin: https://en.wikipedia.org/wiki/Primecoin ; Blockworks, "State of Filecoin Q3 2025": https://app.blockworks.com/report/state-of-filecoin-q3-2025
- Monero и форки ради устойчивости к ASIC: https://lbry.com/news/forking-for-asic-resistance ; форк Sia: https://hotfix.coindesk.com/markets/2018/11/01/sia-completes-hard-fork-as-bricked-miners-form-rival-blockchain ; цены Obelisk: https://www.cryptoglobe.com/latest/2018/11/obelisk-hardware-skyrockets-in-selling-price-after-sia-hard-fork/ ; майнеры после Merge: https://hotfix.coindesk.com/business/2022/11/11/ex-ethereum-miners-token-hop-to-stay-alive-after-the-merge

Секторы AI × crypto

- DefiLlama: Render: https://defillama.com/protocol/render-network-bme ; Livepeer: https://defillama.com/protocol/livepeer
- Cointelegraph о выручке DePIN по данным Messari: https://cointelegraph.com/news/depin-revenues-grow-despite-token-losses
- Aethir, итоги 2025 года: https://aethir.com/blog-posts/aethirs-2025-wrap-up-decentralized-gpu-cloud-milestones
- CoinGecko, категория AI: https://www.coingecko.com/en/categories/artificial-intelligence
- Akash, цены аренды H100: https://akash.network/the-bid/h100-rental-price-2026-cost-per-hour/ ; отчёт за I кв. 2026 года: https://akash.network/blog/akash-network-q1-2026-report/
- io.net, сделка на $8 млн и суточные токены: https://lifestyle.kbew98country.com/story/271004/io-net-to-burn-up-to-12m-tokens-as-network-closes-8m-deal-and-hits-4-billion-daily-ai-tokens/
- DCD, контракт Axe Compute: https://www.datacenterdynamics.com/en/news/axe-compute-secures-15bn-compute-contract-with-unnamed-customer/
- Pluralis-8B: https://www.alphaxiv.org/abs/2607.13332.md ; Nous Research, Psyche: https://nousresearch.com/the-next-phase-of-psyche ; Implicator об INTELLECT-3: https://www.implicator.ai/prime-intellects-intellect-3-open-source-ambition-meets-centralized-reality/
- SiliconANGLE, финансирование Prime Intellect: https://siliconangle.com/2026/07/08/prime-intellect-raises-130m-1b-valuation-ai-training-platform/ ; The Block, Venice: https://www.theblock.co/post/406934 ; RuntimeWire, финансирование Nous: https://runtimewire.com/article/nous-research-75-million-round-1-5-billion-valuation
- ownyourmind, Gensyn: https://ownyourmind.ai/projects/gensyn/ ; Phemex, Ritual (только заголовок): https://phemex.com/news/article/ritual-launches-ai-layer-1-mainnet-and-ritual-token-price-dives-72-from-high-101259
- Накладные расходы конфиденциальных вычислений, arXiv 2409.03992: https://arxiv.org/abs/2409.03992v2 ; отчёт Phala за 2025 год: https://phala.com/posts/phala-2025-report ; TEE.fail: https://thehackernews.com/2025/10/new-teefail-side-channel-attack.html ; DeepProve, IACR ePrint 2026/1112: https://eprint.iacr.org/2026/1112
- TRM Labs, измерение платежей AI-агентов: https://www.trmlabs.com/trm-tech-blog/whos-actually-paying-measuring-ai-agent-payments-onchain ; Forkast об x402 Foundation: https://forkast.news/the-x402-foundation-activated-a-27-year-old-internet-code-200-million-transactions-later-the-real-volume-is-still-tiny/ ; The Block, основная сеть Tempo: https://www.theblock.co/amp/post/394131/tempo-mainnet-goes-live-with-machine-payments-protocol-for-agents ; BlockEden об aGDP Virtuals: https://blockeden.xyz/blog/2026/04/21/agdp-agent-gdp-virtuals-protocol-ai-blockchain-valuation-primitive-tvl-displacement/ ; The Block об ElizaOS: https://theblock.co/post/410774/eliza-labs-native-token-dead
- Dealroom, выручка Grass: https://dealroom.co/news/157794-grass-backed-by-multicoin-projects-75m-in-2026-data-revenue/ ; CryptoSlate, Fetch.ai и Ocean: https://cryptoslate.com/cryptos-flagship-ai-pact-fracture-fetch-sues-ocean-over-263m-fet-community-sales/ ; Fortune о World: https://fortune.com/2026/06/01/internet-according-to-sam-altman-seeing-orb/
- Galaxy, венчурный капитал в crypto: https://www.galaxy.com/insights/research/crypto-blockchain-venture-capital-q3 ; Crypto Briefing (только заголовок): https://cryptobriefing.com/crypto-vc-investment-q3-2026-galaxy/ ; Blockhead о Tiger Research: https://www.blockhead.co/2026/10/14/bitcoin-rose-43-in-q3-crypto-venture-funding-did-not-follow/ ; ForkLog о запусках токенов в 2025 году: https://forklog.com/en/85-of-tokens-launched-in-2025-fell-below-initial-prices/

Экономика ASIC и типы чипов

- Hashrate Index, обзор от 9 ноября 2026 года: https://hashrateindex.com/blog/hashrate-index-roundup-november-9-2026/
- AnySilicon, стоимость разработки ASIC по техпроцессам в 2026 году: https://anysilicon.com/news/how-much-does-asic-design-cost-in-2026-real-price-ranges-by-process-node/ ; Silicon Analysts, руководство по стоимости тейп-аута для fabless: https://siliconanalysts.com/analysis/fabless-startup-tapeout-cost-guide ; рыночные данные: https://siliconanalysts.com/market-data
- MillionMiner, Bitmain S23 XP Hyd: https://millionminer.com/news/bitmain-wdms-2026-s23-xp-hyd-launch
- Khattak и Mikaitis, накопление FP8 в тензорных ядрах, arXiv 2512.07004: https://arxiv.org/html/2512.07004v2
- Canaan, результаты за II кв. 2026 года: https://finviz.com/news/389337/canaan-inc-reports-unaudited-second-quarter-2026-financial-results ; Bitdeer, результаты за III кв. 2026 года: https://greenstocknews.com/news/nasdaq/btdr/bitdeer-reports-unaudited-third-quarter-2026-results-record-revenue-of-us-320-7-million-adjusted-ebitda-up-173-to-us-69-6-million
- TheEnergyMag: Velaura AI: https://theenergymag.com/news/market-news/velaura-ai-series-a-bitcoin-pivot ; Core Scientific и Block: https://theenergymag.com/news/2026-07-29/core-scientific-exit-block-bitcoin-deal-ai ; экономика аренды под ИИ: https://theenergymag.com/news/2026-08-06/miner-weekly-ai-pumpability-out-fuel
- Blockworks, Cipher и Fluidstack: https://blockworks.co/news/cipher-mining-inks-3b-ai-hosting-deal-with-fluidstack ; Cointelegraph, Core Scientific: https://cointelegraph.com/news/core-scientific-to-quit-bitcoin-mining-by-year-end-as-ai-business-surges ; ForkLog, Bitfarms: https://forklog.com/en/former-bitfarms-shuts-down-all-mining-sites-in-the-us/ ; IREN, результаты за I кв. 2027 финансового года: https://globenewswire.com/news-release/2026/11/05/3397020/0/en/iren-reports-q1-fy27-results.html
- Spark, концентрация рынка ASIC для биткоина: https://www.spark.money/research/bitcoin-asic-manufacturer-market-concentration

- Google, документация TPU7x: https://docs.cloud.google.com/tpu/docs/tpu7x?hl=es ; The Register, Ironwood: https://www.theregister.com/2025/04/10/googles_7thgen_ironwood_tpus_debut/ ; SemiAnalysis, B300: https://inferencex.semianalysis.com/chips/b300 ; статья о TPU v1, arXiv 1704.04760: https://arxiv.org/abs/1704.04760 ; Glenn Lockwood, MI355X: https://glennklockwood.com/garden/processors/mi355x
- Tom's Hardware, Vera Rubin: https://www.tomshardware.com/pc-components/gpus/nvidia-launches-vera-rubin-nvl72-ai-supercomputer-at-ces-promises-up-to-5x-greater-inference-performance-and-10x-lower-cost-per-token-than-blackwell-coming-2h-2026 ; TrendForce, цены CoWoS: https://trendforce.com/news/2026/10/27/news-tsmc-reportedly-eyes-20-cowos-price-hike-skips-equipment-price-renegotiations-amid-ai-demand-surge
- Menon Lab, сравнение ускорителей AI-инференса: https://themenonlab.blog/blog/ai-inference-accelerators-compared ; Introl, AI-ускорители помимо GPU: https://introl.com/blog/ai-accelerators-beyond-gpus-tpu-trainium-gaudi-cerebras-2025
- StratNews (Reuters), отечественные AI-чипы в дата-центрах с государственным финансированием: https://stratnewsglobal.com/team-sng/china-orders-state-funded-data-centres-to-use-domestic-ai-chips/ ; TNW, импорт H200: https://thenextweb.com/news/nvidia-h200-chips-hong-kong-china-import-approval
- Succinct, доказательство в реальном времени на 16 GPU: https://blog.succinct.xyz/real-time-proving-16-gpus/ ; продукты Cysic ZK ASIC: https://cysic-docs.pages.dev/hardware-products/zk-asic-products
- Tom's Hardware, Intel Heracles: https://www.tomshardware.com/tech-industry/cyber-security/intels-heracles-chip-computes-fully-encrypted-data-without-decrypting-it-chip-is-1-074-to-5-547-times-faster-than-a-24-core-intel-xeon-in-fhe-math-operations ; IEEE Spectrum: https://spectrum.ieee.org/fhe-intel ; Evertiq, Niobium и SemiFive: https://evertiq.com/design/2026-02-20-semifive-secures-design-win-with-niobium-for-fhe-accelerator ; The Quantum Insider, финансирование Niobium: https://thequantuminsider.com/2025/12/03/niobium-23m-fhe-funding/ ; Optica OPN, Optalysys: https://www.optica-opn.org/home/industry/2026/february/optalysys_raises_us_$31_million_to_push_photonics_computing_toward_cloud_infrastructure/ ; Zama, HPU на FPGA: https://www.zama.org/post/announcing-hpu-on-fpga-the-first-open-source-hardware-accelerator-for-fhe

Техпроцессы

- Silicon Analysts, цены пластин: https://siliconanalysts.com/data/wafer-pricing
- Tom's Hardware, слухи о ценах TSMC A16: https://www.tomshardware.com/tech-industry/semiconductors/tsmc-could-charge-up-to-usd45-000-for-1-6nm-wafers-rumors-allege-a-50-percent-increase-in-pricing-over-prior-gen-wafers ; Wccftech, цены SMIC: https://wccftech.com/smic-5nm-chip-prices-up-to-50-percent-more-expensive/amp/
- EUROPRACTICE, график MPW TSMC на 2026 год: https://europractice-ic.com/wp-content/uploads/2025/11/TSMC-Europractice-MPW-schedule-2026.pdf
- Horowitz, "Computing's Energy Problem", ISSCC 2014: https://www.Gwern.net/doc/cs/hardware/2014-horowitz-2.pdf
- Tom's Hardware, дорожная карта Huawei Ascend: https://www.tomshardware.com/tech-industry/artificial-intelligence/huawei-ascend-npu-roadmap-examined-company-targets-4-zettaflops-fp4-performance-by-2028-amid-manufacturing-constraints ; The Substrate, цепочка поставок AI-чипов Китая: https://www.the-substrate.net/p/where-chinas-ai-chip-supply-chain ; Tom's Hardware, Trainium3: https://www.tomshardware.com/tech-industry/artificial-intelligence/amazon-launches-trainium3-ai-accelerator-competing-directly-against-blackwell-ultra-in-fp8-performance-new-trn3-gen2-ultraserver-takes-vertical-scaling-notes-from-nvidias-playbook

Возможности и экономика запуска

- Webull (Benzinga), звонок Broadcom по итогам квартала: https://www.webull.com/news/15511095937917952 ; Quartr, Global Unichip Q2 2026: https://quartr.com/events/global-unichip-corp-3443-q2-2026_F9×6NJQY ; Taiwan News, Alchip: https://www.taiwannews.com.tw/news/6370946 ; Design & Reuse, VeriSilicon: https://www.design-reuse.com/news/202530457-surge-in-custom-chip-business-propels-verisilicon-s-q1-revenue-to-double-with-new-orders-skyrocketing-to-8-2-billion-yuan-increased-r-d-investment-leads-to-wider-net-loss-earnings-insight/ ; The Block, AI-подразделение Canaan: https://www.theblock.co/post/359250/crypto-miner-canaan-to-shutter-non-core-ai-semiconductor-business-unit-amid-strategic-realignment
- Clutch, цены на разработку ИИ: https://clutch.co/developers/artificial-intelligence/pricing ; PixelPlex, стоимость разработки блокчейна: https://pixelplex.io/blog/blockchain-development-cost/
- Hyperbolic, proof of sampling: https://hyperbolic.ai/blog/deep-dive-into-hyperbolic-proof-of-sampling ; Gensyn, Verde: https://www.gensyn.ai/research/verde-a-verification-system-for-machine-learning-over-untrusted-nodes ; многоуровневая проверка, arXiv 2512.20176: https://arxiv.org/abs/2512.20176v1
- Sherlock, справочник цен на аудит на 2026 год: https://sherlock.xyz/post/smart-contract-audit-pricing-a-market-reference-for-2026
- Blockworks, стандарты листинга Binance: https://blockworks.com/news/binance-listing-standards-scrutiny ; Cointelegraph, маркетмейкерские сделки: https://cointelegraph.com/magazine/market-maker-deals-quietly-killing-crypto-projects ; Blockworks, Movement: https://blockworks.co/news/movement-rushi-manche-suspension-market-maker-web3port ; Nansen, HIP-3: https://nansen.ai/post/what-is-hip-3-hyperliquid ; The Block, Monad: https://www.theblock.co/post/380094/monad-mainnet-launches

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО ПОЛЕЗНОЙ РАБОТЫ · CRYPTO × КРЕМНИЙ

Вычисления как консенсус

AI × Crypto × чипы в 2026 году: от полезной работы Pearl

У каждой ключевой цифры в этом отчёте указаны источник и дата. Если цифру выводит автор, она помечена как оценка; если о ней сообщает только продавец, она помечена как данные производителя. В отчёте рассматриваются только технологии и бизнес.

Тан Шуай

Технолог и основатель · Исследователь и разработчик ИИ

tanshuai.com · i@tanshuai.com

ОТКРЫТАЯ РЕДАКЦИЯ · Данные на 13 ноября 2026 года

