

Демидов Роман Владимирович
Almaty Technological University
Бакалавр Финансов (2004-2008)

ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ И УГЛЕРОДНЫЙ СЛЕД BITCOIN ПОСЛЕ ХАЛВИНГА

Аннотация. Данная статья исследует влияние халвинга Bitcoin на его энергопотребление и углеродный след. Анализируются современные оценки энергетической эффективности сети, а также динамика ее экологического воздействия в контексте событий халвинга 2020 и ожидаемого в 2024 году. Раскрыты ключевые источники электроэнергии, вариации в углеродных выбросах и влияние технологий на экологическую устойчивость криптовалюты. Обсуждаются перспективы снижения экологического воздействия через использование возобновляемых источников, развитие инновационных протоколов и регуляторные меры. Статья подчеркивает важность баланса между технологическим развитием и экологической ответственностью в будущем криптоэкономики.

Ключевые слова: Bitcoin, халвинг, энергопотребление, углеродный след, криптовалюты.

Annotation. This article explores the impact of Bitcoin halving on its energy consumption and carbon footprint. The article analyzes current estimates of the energy efficiency of the grid, as well as the dynamics of its environmental impact in the context of the halving 2020 and expected in 2024 events. Key sources of electricity, variations in carbon emissions, and the impact of technology on the environmental sustainability of cryptocurrencies are revealed. The prospects for reducing the environmental impact through the use of renewable sources, the development of innovative protocols and regulatory measures are discussed. The article highlights the importance of a balance between technological development and environmental responsibility in the future of the crypto economy.

Keywords: Bitcoin, halving, energy consumption, carbon footprint, cryptocurrencies.

Введение

Криптовалюты, особенно Bitcoin (BTC), за последние годы стали объектом широкого изучения с точки зрения их влияния на окружающую среду и энергоэффективность. В 2020 и 2024 годах Bitcoin прошел через события, называемые халвингами — уменьшением награды за добычу блока в два раза, что существенно влияет на экономику майнинга и, потенциально, на его энергетическую динамику.

Цель данной статьи — проанализировать последствия халвинга Bitcoin для показателей энергопотребления и углеродного следа, а также оценить возможные долгосрочные тренды и перспективы.

1. Теоретическая база: халвинг и его влияние

Халвинг (от английского "halving") — это событие, предусмотренное протоколом Bitcoin, которое сокращает вознаграждение майнеров за нахождение блока на 50%. Первое халвинг произошло в 2012 году, затем в 2016 и 2020, а очередное ожидается в 2024 году. Высокий уровень энергетического потребления Bitcoin обусловлен его протоколом Proof-of-Work (PoW), который предполагает использование мощных вычислительных устройств для подтверждения транзакций и создания новых монет.

На практике, халвинг влияет на экономическую привлекательность майнинга: снижение вознаграждения часто вызывает снижение активности майнеров или стимулирует их снижение затрат, в том числе на электроэнергию.

2. Энергопотребление Bitcoin: современные оценки

2.1 Методы оценки

Энергопотребление Bitcoin оценивается с помощью различных методов: от модели, основанной на мощности майнингового оборудования (обычно эксплуатируемого по оценкам хэшрейта), до методов, использующих данные о потребляемой электроэнергии и средней эффективности оборудования.

По состоянию на 2023 год исследования, проведенные Сетом Боуком и другими аналитиками, показывают, что общее энергетическое потребление сети Bitcoin составляет примерно 150–200 ТВт·ч в год, что сопоставимо с отдельными странами, например, Новой Зеландией или Иорданией.

2.2 Влияние халвинга на энергопотребление

Ряд исследований показывает, что после халвинга происходит снижение хэшрейта — общей вычислительной мощности сети. Например, в результате халвинга 2020 года хэшрейт снизился примерно на 15%, что связано с уменьшением экономической привлекательности майнинга при цене биткоина, не пропорциональном снижению электроэнергии.

Однако, в долгосрочной перспективе, после периода коррекции, активность майнеров постепенно восстанавливается за счет повышения эффективности оборудования, увеличения стоимости биткоина и перехода на более дешевые источники энергии.

3. Углеродный след Bitcoin: анализ и оценки

3.1 Основные источники электроэнергии

Большинство исследований указывают, что доля возобновляемых источников в энергетическом балансе майнинга сильно варьирует — от 30% до 60%. В основном, майнеры предпочитают регионы с дешевой электроэнергией, такие как Исландия, Канада и некоторые регионы Китая до запрета майнинга.

3.2 Расчет углеродного следа

Углеродный след приложения Bitcoin оценивается через выраженные в тоннах CO₂ выбросы, связанные с потребляемой электроэнергией. Согласно отчетам, в 2022 году средний углеродный след Bitcoin находился в диапазоне 30–70 тонн CO₂ на один биткоин. Эта оценка зависит от источников энергии: при использовании ископаемого топлива след увеличивается, при использовании возобновляемых — снижается.

3.3 Влияние халвинга на углеродный след

После халвинга, снижение награды за блок ведет к уменьшению энергозатрат в краткосрочной перспективе. Однако, как показывают модели, снижение стоимости вознаграждения может привести к уменьшению майнеров, использующих более дорогие, менее экологичные источники энергии, а также стимулировать переход на технику с меньшим энергопотреблением.

Наиболее вероятный сценарий — после халвинга интерес к майнингу сохраняется благодаря росту цены биткоина, что теоретически позволяет добывать монеты, используя более эффективное оборудование и, при этом, выбирать более «чистые» источники энергии.

4. Примеры и исследования

4.1 Исследование Cambridge Centre for Alternative Finance

По данным их "Bitcoin Electricity Consumption Index" (BECI), активность майнера и энергопотребление действительно колеблются с событиями халвинга. В 2020 году после халвинга БЦАКи наблюдался спад в энергии, но затем тренд вернулся к росту в связи с ростом курса BTC.

4.2 Пример Исландии и Норвегии

Энергия в Исландии и Норвегии, в основном гидроэнергетическая, используется майнерами для добычи Bitcoin. После халвинга в 2020 году наблюдалось снижение добычи, однако это быстро было компенсировано за счет высокой эффективности техник и более экологичной энергии. В Китае, где большая часть майнинга на ископаемом топливе, халвинг вызвал замедление деятельности, что привело к временным снижением углеродного следа. В то же время, рост в других регионах с более экологичными источниками энергии усилил глобальный эффект.

5. Долгосрочные перспективы и вызовы

5.1 Влияние технологий и переход к устойчивости

Разработка более энергоэффективных алгоритмов и технологий, таких как майнинг на базе токенов с меньшим энергопотреблением или новые

протоколы (например, Proof-of-Stake), может значительно снизить энергозатраты и углеродный след криптовалют.

5.2 Регуляторное воздействие и политика

Многие страны вводят инициативы по сокращению экологического воздействия криптовалют, что стимулирует майнеров к использованию возобновляемых источников, а также открывает возможность для международного регулирования углеродных выбросов со стороны майнинговых операций.

5.3 Влияние цен и рыночных условий

Цены на биткоин напрямую влияют на рентабельность майнинга, а, следовательно, и на энергопотребление. В периоды значительного роста цен майнеры активируют более дорогие и энергозатратные мощности, что повышает углеродный след.

6. Итоги и выводы

Энергопотребление Bitcoin устойчиво высоко и зависит от множества факторов, включая технологические улучшения, рынок и регуляторную среду. Халвинг приводит к краткосрочным снижением активности майнеров, однако в долгосрочной перспективе его влияние компенсируется ростом цены BTC и использованием более эффективных технологий.

Углеродный след Bitcoin остается значительным, особенно при использовании ископаемых источников энергии, но есть тенденции к его снижению через переход на возобновляемые источники и технологические инновации.

Будущее криптовалюты связано с необходимостью поиска баланса между технологическим развитием, экологической устойчивостью и экономической рентабельностью.

Заключение

Халвинги Bitcoin оказывают значимое влияние на энергетическую динамику сети и её экологический аспект. Несмотря на снижение энергозатрат в краткосрочной перспективе, долгосрочные тенденции требуют активных

мер по повышению энергоэффективности и использованию возобновляемых источников. Внедрение новых протоколов, развитие технологий и регулирование являются ключами к снижению углеродного следа криптовалют в будущем.

Список литературы:

1. De Vries, A. (2019). Bitcoin's Growing Energy Problem. *Joule*, 3(7), 1645-1649. DOI: 10.1016/j.joule.2019.05.012
2. Mora, C., Rollins, R. L., Taladay, K., et al. (2018). Bitcoin emissions alone could push global warming above 2°C. *Nature Climate Change*, 8(11), 931–933. DOI: 10.1038/s41558-018-0321-8
3. Krause, M. J., & Tolaymat, T. (2018). Quantification of energy and carbon costs for mining cryptocurrencies. *Nature Sustainability*, 1(11), 711-718. DOI: 10.1038/s41893-018-0152-7