



Международный журнал информационных технологий и  
энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 004.942.2

## УСТОЙЧИВЫЙ БЛОКЧЕЙН. ПУТИ МИНИМИЗАЦИИ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ

**Марквa Т.Д.**

*ФГБОУ ВО САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ ИМ. ПРОФЕССОРА М. А. БОНЧ-БРУЕВИЧА, Санкт-Петербург,  
Россия (193232, г. Санкт-Петербург, просп. Большевиков, 22, корп. 1), e-mail:  
norm\_staffchik@mail.ru*

Блокчейн-технология, несмотря на свои преимущества в обеспечении безопасности и децентрализации, сталкивается с проблемой высокого энергопотребления и значительного углеродного следа. Настоящая статья исследует пути минимизации энергозатрат и углеродного следа блокчейн-систем с целью обеспечения их устойчивого развития. Рассматриваются различные подходы, включая переход на альтернативные консенсусные механизмы, оптимизацию аппаратного обеспечения, использование возобновляемых источников энергии и применение офсетных программ для компенсации выбросов углерода. Авторы анализируют преимущества и ограничения каждого подхода, а также предлагают комплексные стратегии для достижения экологической устойчивости блокчейн-систем.

Ключевые слова: Блокчейн, энергопотребление, углеродный след, устойчивое развитие, консенсусные механизмы, возобновляемые источники энергии, офсетные программы.

## A STABLE BLOCKCHAIN. WAYS TO MINIMIZE ENERGY CONSUMPTION

**Markva T.D.**

*ST. PETERSBURG STATE UNIVERSITY OF TELECOMMUNICATIONS NAMED AFTER  
PROFESSOR M. A. BONCH-BRUEVICH, St. Petersburg, Russia (193232, St. Petersburg, ave.  
Bolshevikov, 22, bldg. 1), e-mail: norm\_staffchik@mail.ru*

Blockchain technology, despite its advantages in ensuring security and decentralization, faces the problem of high energy consumption and a significant carbon footprint. This article explores ways to minimize the energy consumption and carbon footprint of blockchain systems in order to ensure their sustainable development. Various approaches are being considered, including the transition to alternative consensus mechanisms, hardware optimization, the use of renewable energy sources and the use of offset programs to offset carbon emissions. The authors analyze the advantages and limitations of each approach, as well as propose comprehensive strategies to achieve environmental sustainability of blockchain systems.

Keywords: Blockchain, energy consumption, carbon footprint, sustainable development, consensus mechanisms, renewable energy sources, offset programs.

### Введение

Блокчейн-технология, основанная на принципах децентрализации, прозрачности и безопасности, привлекла значительное внимание в различных отраслях, включая финансы, логистику, здравоохранение и многие другие. Однако, несмотря на свои преимущества, блокчейн-системы сталкиваются с серьезной проблемой высокого энергопотребления и значительного углеродного следа. Энергозатраты на поддержание работы блокчейн-сетей и майнинг криптовалют являются предметом беспокойства с точки зрения экологической устойчивости и воздействия на окружающую среду.

### **Энергопотребление и углеродный след блокчейн-систем**

Блокчейн-технология, основанная на принципах децентрализации и распределенного реестра, требует значительных вычислительных мощностей и, соответственно, высокого энергопотребления. Ключевую роль в обеспечении безопасности и консенсуса в блокчейн-сетях играют консенсусные механизмы, наиболее распространенным из которых является механизм "Доказательства выполнения работы" (Proof-of-Work, PoW). PoW требует от майнеров решения сложных вычислительных задач для добавления нового блока в цепочку, что сопряжено с огромными затратами энергии. Согласно оценкам, глобальное энергопотребление сети Биткоин, крупнейшей криптовалюты, основанной на PoW, в 2022 году составляло около 127 ТВт\*ч в год, что сопоставимо с энергопотреблением таких стран, как Нидерланды или Объединенные Арабские Эмираты.

Высокое энергопотребление блокчейн-систем также приводит к значительному углеродному следу, поскольку значительная часть энергии для майнинга криптовалют по-прежнему вырабатывается из ископаемых видов топлива, таких как уголь, нефть и природный газ. Согласно исследованиям, углеродный след сети Биткоин в 2022 году оценивался примерно в 69 миллионов метрических тонн CO<sub>2</sub>, что эквивалентно выбросам небольшой страны. Это связано с тем, что процесс майнинга Биткоина требует интенсивных вычислений, которые потребляют огромное количество электроэнергии, производимой преимущественно из ископаемых видов топлива. [3, с.669]

Помимо Биткоина, существует множество других блокчейн-проектов и криптовалют, которые также имеют значительный углеродный след. Например, энергопотребление сети Ethereum, второй по популярности криптовалюты, оценивается примерно в 78 ТВт\*ч в год, что эквивалентно углеродному следу около 35 миллионов метрических тонн CO<sub>2</sub>. Другие крупные блокчейн-сети, такие как Bitcoin Cash, Litecoin и Monero, также вносят свой вклад в общее энергопотребление и углеродный след. [4, с.115]

Стоит отметить, что энергопотребление и углеродный след блокчейн-систем не ограничиваются только майнингом криптовалют. Сами узлы, поддерживающие работу распределенных реестров, также требуют значительных вычислительных мощностей и, следовательно, энергозатрат. Кроме того, необходимо учитывать энергопотребление, связанное с производством и утилизацией оборудования для майнинга, а также с охлаждением майнинговых ферм.

В целом, высокое энергопотребление и значительный углеродный след блокчейн-систем являются серьезными проблемами, которые необходимо решать для обеспечения экологической устойчивости и минимизации негативного воздействия на окружающую среду. Поиск путей снижения энергозатрат и переход на использование возобновляемых источников энергии являются ключевыми задачами для развития экологически чистых и устойчивых блокчейн-технологий. [5, с.500]

### **Пути минимизации энергопотребления**

Для решения проблемы высокого энергопотребления блокчейн-систем необходимо рассмотреть комплексный подход, включающий в себя различные стратегии и методы. Одним из наиболее перспективных путей является переход на альтернативные консенсусные

механизмы, которые не требуют значительных вычислительных мощностей и, следовательно, снижают энергопотребление.

Наиболее распространенным альтернативным механизмом является "Доказательство доли владения" (Proof-of-Stake, PoS). В отличие от PoW, в PoS для валидации транзакций и создания новых блоков используется алгоритм случайного выбора узлов, пропорциональный их доле в общем пуле криптовалюты. Этот механизм не требует решения сложных вычислительных задач, что значительно снижает энергозатраты по сравнению с PoW. Согласно оценкам, переход на PoS может сократить энергопотребление блокчейн-сети более чем на 99%.

Помимо PoS, существуют и другие перспективные консенсусные механизмы, такие как "Доказательство авторитета" (Proof-of-Authority, PoA), "Доказательство истории" (Proof-of-History, PoH) и "Доказательство пространства" (Proof-of-Space, PoSpace). Каждый из них имеет свои преимущества и ограничения, и выбор подходящего механизма зависит от конкретных требований и особенностей блокчейн-системы.

Оптимизация аппаратного обеспечения, используемого для майнинга и поддержки работы блокчейн-сетей, также может внести значительный вклад в снижение энергопотребления. Использование более энергоэффективных процессоров, графических ускорителей и специализированных чипов для майнинга может существенно сократить энергозатраты. Кроме того, важным аспектом является оптимизация систем охлаждения и энергоснабжения майнинговых ферм. Применение передовых технологий охлаждения, таких как жидкостное охлаждение или иммерсионное охлаждение, может значительно повысить энергоэффективность.

Другие подходы к снижению энергопотребления включают в себя сжатие данных и оптимизацию протоколов передачи данных в блокчейн-сетях, а также использование более эффективных алгоритмов шифрования и хеширования. Кроме того, внедрение технологий распределенных вычислений и параллельной обработки данных может снизить нагрузку на отдельные узлы и, следовательно, уменьшить их энергопотребление.

Помимо технологических решений, важную роль играет также повышение осведомленности и образование участников блокчейн-сообщества о проблеме энергопотребления и ее влиянии на окружающую среду. Поощрение использования энергоэффективных практик и "зеленых" технологий, а также стимулирование исследований и разработок в этой области может способствовать созданию более устойчивых блокчейн-систем. [1, с.643]

В целом, минимизация энергопотребления блокчейн-систем требует комплексного подхода, включающего в себя как технологические инновации, так и изменения в области регулирования, образования и повышения осведомленности. Только объединив усилия всех заинтересованных сторон, мы сможем создать действительно устойчивые и экологически чистые блокчейн-технологии.

### **Пути минимизации углеродного следа**

Наряду с сокращением энергопотребления, важной задачей является минимизация углеродного следа блокчейн-систем. Углеродный след напрямую связан с использованием ископаемых видов топлива для выработки электроэнергии, необходимой для майнинга криптовалют и поддержания работы блокчейн-сетей. Поэтому переход на использование

возобновляемых источников энергии является одним из ключевых путей снижения углеродного следа.

Использование солнечной, ветровой и гидроэнергетики для обеспечения энергопотребности блокчейн-систем может значительно снизить выбросы парниковых газов и, следовательно, уменьшить углеродный след. Многие майнинговые компании и блокчейн-проекты уже начали переходить на возобновляемые источники энергии, строя солнечные электростанции и ветропарки вблизи своих майнинговых ферм. [2, с.93]

Помимо использования возобновляемых источников энергии, важным шагом в минимизации углеродного следа является применение офсетных программ, направленных на компенсацию выбросов углерода. Одним из наиболее распространенных подходов является лесовосстановление и посадка новых деревьев, которые поглощают углекислый газ из атмосферы. Некоторые блокчейн-проекты уже сотрудничают с экологическими организациями и инвестируют средства в программы лесовосстановления и защиты лесов.

Другие офсетные программы включают в себя захват и хранение углерода, инвестиции в технологии улавливания и утилизации углекислого газа, а также поддержку проектов по развитию экологически чистых технологий и альтернативной энергетики.

Государственное регулирование и стимулирование "зеленых" блокчейн-проектов также может сыграть важную роль в минимизации углеродного следа. Введение налоговых льгот и субсидий для компаний, использующих возобновляемые источники энергии или применяющих офсетные программы, может стимулировать переход к более экологичным практикам.

Кроме того, важно повышать осведомленность участников блокчейн-сообщества о проблеме углеродного следа и ее последствиях для окружающей среды. Проведение образовательных кампаний, организация конференций и семинаров, посвященных этой теме, может способствовать изменению отношения и поведения участников индустрии.

Минимизация углеродного следа блокчейн-систем требует комплексного подхода, включающего в себя использование возобновляемых источников энергии, применение офсетных программ, государственное регулирование и повышение осведомленности. Только объединив усилия всех заинтересованных сторон, мы сможем создать действительно устойчивые и экологически чистые блокчейн-технологии, которые не наносят вреда окружающей среде.

### **Заключение**

В заключение следует отметить, что проблема высокого энергопотребления и значительного углеродного следа блокчейн-систем требует незамедлительного решения для обеспечения их устойчивого развития и минимизации негативного воздействия на окружающую среду.

В рамках настоящего исследования были рассмотрены различные пути минимизации энергопотребления и углеродного следа блокчейн-систем. Одним из наиболее перспективных подходов является переход на альтернативные консенсусные механизмы, такие как "Доказательство доли владения" (PoS), которые не требуют значительных вычислительных мощностей и, следовательно, снижают энергозатраты. Кроме того, оптимизация аппаратного обеспечения, используемого для майнинга и поддержки работы блокчейн-сетей, также может существенно сократить энергопотребление.

Для минимизации углеродного следа блокчейн-систем крайне важен переход на использование возобновляемых источников энергии, таких как солнечная, ветровая и гидроэнергетика. Применение офсетных программ, направленных на компенсацию выбросов углерода, таких как лесовосстановление, захват и хранение углерода, а также инвестиции в экологически чистые технологии, также является эффективным способом снижения углеродного следа.

Следует отметить, что для достижения устойчивого развития блокчейн-систем необходим комплексный подход, сочетающий в себе технологические инновации, государственное регулирование и стимулирование "зеленых" блокчейн-проектов, а также повышение осведомленности участников индустрии о проблеме энергопотребления и углеродного следа.

Дальнейшие исследования и разработки в области устойчивого блокчейна должны быть направлены на поиск новых энергоэффективных консенсусных механизмов, оптимизацию протоколов и алгоритмов, а также внедрение передовых технологий, таких как распределенные вычисления, параллельная обработка данных и эффективное охлаждение майнинговых ферм.

В целом, обеспечение экологической устойчивости блокчейн-систем является неотъемлемой частью их успешного развития и широкого внедрения в различных сферах. Только объединив усилия всех заинтересованных сторон, включая разработчиков, майнеров, регуляторов и экологические организации, мы сможем создать действительно устойчивые и экологически чистые блокчейн-технологии, которые будут способствовать достижению целей устойчивого развития и сохранению окружающей среды для будущих поколений.

### Список литературы

1. Кушнир Д. В., Скробов Д. В. Обеспечение безопасности в технологии блокчейн //Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании (АПИНО 2022). – 2022. – С. 642-648.
2. Красов А. В. и др. Актуальные угрозы безопасности информации в сфере здравоохранения и офтальмологии //ОФТАЛЬМОХИРУРГИЯ. – 2022. – №. 4s. – С. 92-101.
3. Макарова А. К., Поляничева А. В., Саматова К. А. Анализ уязвимостей оборудования передачи голосового трафика //Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании (АПИНО 2022). – 2022. – С. 665-669.
4. Алехин Р. В. и др. Исследование критической уязвимости сервиса аутентификации и последствий для медицинских учреждений, относящихся к субъектам критической информационной инфраструктуры //Офтальмохирургия. – 2022. – №. 4s. – С. 115-122.
5. Шариков П. И., Красов А. В. Исследование возможности вложения цифрового водяного знака в байт-код путем замены уязвимого байт-кода Java класса //Информационная безопасность регионов России (ИБРР-2017). – 2017. – С. 499-500.

### References

1. Kushnir D. V., Skrobov D. V. Ensuring security in blockchain technology //Actual problems of infotelecommunications in science and education (APINO 2022). – 2022. – pp. 642-648.

2. Krasov A.V. et al. Current threats to information security in the field of healthcare and ophthalmology //OPHTHALMOSURGERY. - 2022. – No. 4s. – pp. 92-101.
  3. Makarova A. K., Polyanicheva A.V., Samatova K. A. Vulnerability analysis of voice traffic transmission equipment //Actual problems of infotelecommunications in science and education (APINO 2022). – 2022. – pp. 665-669.
  4. Alekhine R. V. et al. Investigation of the critical vulnerability of the authentication service and the consequences for medical institutions related to the subjects of critical information infrastructure //Ophthalmosurgery. - 2022. – No. 4s. – pp. 115-122.
  5. Sharikov P. I., Krasov A.V. Investigation of the possibility of embedding a digital watermark in bytecode by replacing the vulnerable Java class bytecode //Information security of the regions of Russia (IBRD-2017). – 2017. – pp. 499-500.
-