

УДК: 911.3

DOI:10.35595/2414-9179-2021-1-27-238-248

О.Ю. Черешня<sup>1</sup>

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ НАГРУЗКА ОТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙН И МАЙНИНГА КРИПТОВАЛЮТ В РОССИИ

### АННОТАЦИЯ

С распространением информационных технологий (ИТ) растут возможности этих технологий для обеспечения экологической устойчивости и риски от их повсеместного внедрения. И если возможности изучены достаточно хорошо, то на риски обратили внимание сравнительно недавно. При этом осведомленность об этих рисках становится все более важной, ввиду активного и повсеместного распространения ИТ. В настоящее время существуют уже сотни криптовалют, и технологической основой многих из этих валют является блокчейн – цифровой реестр транзакций. В этой статье проведена оценка экологической нагрузки от майнинга и поддержки транзакций на рынке криптовалют в России с помощью  $\text{CO}_2$ -эквивалента. Для этого впервые было рассчитано количество электроэнергии, расходуемое на обеспечение транзакций криптовалют в России, собраны и систематизированы данные о крупнейших центрах майнинга криптовалют, определены основные факторы размещения как крупных, так и небольших частных ферм. На основе собранных данных составлена карта распространения центров майнинга в России. Наш анализ показал, что в среднем в России на одно только производство Биткойна выбрасывается 2,977 млн тонн эквивалента  $\text{CO}_2$ , а общие выбросы от майнинга криптовалют в России составляют 4,466 млн тонн эквивалента  $\text{CO}_2$ . На основе наших данных об ущербе для окружающей среды, мы полагаем, что при решении об использовании технологии блокчейн должны приниматься во внимание не только ее возможности, но и оценка соотношения потенциальной пользы и нагрузки на окружающую среду, нужно системное понимание взаимосвязанных прямых и косвенных воздействий для принятия решений по использованию блокчейн, так как технология показывает себя как потенциально одна из самых энерго- и ресурсозатратных.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** блокчейн, глобальное изменение климата, криптовалюты, Биткойн, экологический след

---

<sup>1</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Географический факультет, Ленинские горы, д. 1, 119991, Москва, Россия; e-mail: [chereshnia.o@geogr.msu.ru](mailto:chereshnia.o@geogr.msu.ru)

Olga Yu. Chereshnia<sup>1</sup>

## ENVIRONMENTAL LOAD FROM USE OF BLOCKCHAIN TECHNOLOGY AND CRYPTOCURRENCY MINING IN RUSSIA

### ABSTRACT

With the increasing use of information technologies (IT) their opportunities to ensure environmental sustainability and the risks of their widespread adoption are growing. And if the possibilities have been studied well enough, then the risks have been paid attention to relatively recently. However, awareness of these risks is becoming increasingly important with the spread of technologies. Currently, there are already hundreds of cryptocurrencies, and the technological basis for many of these currencies is the blockchain – a digital ledger of transactions. This article has assessed the environmental burden of mining and supporting transactions in the cryptocurrency market in Russia using CO<sub>2</sub>-equivalent. For this, for the first time, the amount of electricity consumed to support cryptocurrency transactions in Russia was calculated, data on the largest cryptocurrency mining centres were collected and systematized, and the main factors for the placement of both large and small private farms were determined. Based on the collected data a map of the spread of mining centres in Russia was created. Our analysis showed that on average, 2,977 million tons of CO<sub>2</sub> equivalent are emitted in Bitcoin production in Russia, and the total emissions from cryptocurrency mining in Russia are 4,466 million tons of CO<sub>2</sub> equivalent. Based on our data on environmental damage, we believe that when deciding on the use of blockchain technology, not only its capabilities should be taken into account, but also an assessment of the ratio of potential benefits and impact on the environment. A systematic understanding of interrelated direct and indirect impacts is needed to make decisions on the use of blockchain, since the technology shows itself as potentially one of the most energy and resource intensive.

**KEYWORDS:** blockchain, global climate change, cryptocurrencies, Bitcoin, ecological footprint

### ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия произошел значительный технологический скачок, обеспеченный новыми программными методами и возросшей производительной мощностью вычислительной техники. В сочетании с развитием высокоскоростного мобильного интернета, это привело к появлению новых продуктов, приложений и услуг, которые формируют растущую экосистему технологий и приложений. Ключевыми компонентами этой новой цифровой экосистемы являются:

- Интернет вещей (Internet of Things), который включает устройства и объекты, состояние которых может быть изменено через Интернет, с активным участием пользователей или без них;
- Анализ больших данных (Big data analytics), который представляет собой набор методов и инструментов, используемых для обработки и интерпретации больших объемов данных, которые генерируются за счет увеличения оцифровки контента, в частности, это связано с появлением такой их разновидности как Big Earth Data;
- Искусственный интеллект, который можно понимать, как программу, выполняющую человекоподобные когнитивные функции. Его быстрое распространение обусловлено недав-

---

<sup>1</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Leninskie Gory, 1, 119991, Moscow, Russia; e-mail: [chereshnia.o@geogr.msu.ru](mailto:chereshnia.o@geogr.msu.ru)

ними успехами в машинном обучении (Machine Learning), которое автоматически идентифицирует шаблоны в больших наборах данных;

- Блокчейн (Blockchain) – это децентрализованная технология, которая обеспечивает хранение данных, экономические транзакции и другие одноранговые взаимодействия.

Также многие другие технологии могут быть интегрированы в растущую технологическую экосистему, включая облачные вычисления, робототехнику, сетевые и нейронные вычисления, виртуальную реальность, дополненную реальность и т.д.

В этом контексте растущее повсеместное использование технологий ставит перед нами вопрос, насколько экологически безопасно и оправдано их повсеместное внедрение? В данной статье автор поставил задачу оценить возможные экологические эффекты от применения одной из самых ресурсозатратных технологий – блокчейн. Блокчейн, технология цифрового реестра, впервые была представлена в 2008 г. разработчиком (или группой разработчиков), называющим себя Сатоши Накамото, для использования в качестве общедоступного реестра транзакций для криптовалюты Биткойн [Nakamoto, 2008]. Технология дала начало сотням криптовалют (например, Ethereum, Dogecoin, Ripple, NEO, Litecoin Cardano, EOS), а также появлению других специализированных приложений в различных областях, например, для отслеживания цепочек поставок, обеспечения надежности патентов, безопасных смарт-контрактов, управления земельными ресурсами и электронного голосования [Boucher, 2017].

Схематически технология блокчейн представляет из себя публичный реестр, состоящий из всех транзакций, происходящих в одноранговой сети. Это структура данных, состоящая из связанных блоков данных – цепочек. Реестр хранит, совместно использует и синхронизирует данные с применением криптографических методов. Блоки представляют собой записанные транзакции, и каждый новый блок транзакций связан с предыдущими, создавая, таким образом, постоянно растущую цепочку [Nakamoto, 2008]. Создание каждого нового блока должно быть одобрено всеми участниками сети. Это достигается благодаря заранее определенному «механизму консенсуса», который устанавливает правила проверки, подтверждения и добавления транзакций в реестр [Triollet et al., 2019]. Весь процесс записи новых транзакций называется «майнинг». Эта децентрализованная технология позволяет участникам совершать любые транзакции без необходимости в доверенном центральном органе, полагаясь на криптографию для обеспечения надежности сделки. Но эта самая надежность должна быть обеспечена большим объемом производимых вычислений. По мере увеличения количества транзакций, записанных в каждом блоке, растет и количество потребляемой электроэнергии для каждой новой операции.

Сейчас наиболее энергозатратный из всех имплементаций технологии блокчейн – майнинг и поддержка обработки транзакций криптовалюты Биткойн. На обслуживание одной транзакции в биткойнах летом 2018 г. расходовалось 934 кВт/ч энергии, а суммарное потребление сети Блокчейн сравнимо с энергопотреблением Швеции – 135,12 ТВт/ч<sup>1</sup>. Во-первых, это обусловлено особенностью технологии для проверки транзакций, известной как Proof of Work (POW). Этот протокол майнинга помогает точно проверять каждую транзакцию, но он потребляет много энергии. Во-вторых, Биткойн существует дольше всех криптовалют и других имплементаций технологии блокчейн, накопленные объемы операций приводят к росту так называемого показателя сложности операций и повышают необходимые вычислительные мощности для майнинга каждого нового Биткойна. Протокол POW использует все больше энергии по мере роста сети, а Bitcoin является крупнейшей сетью на блокчейн на данный момент. К примеру, было посчитано, что только майнинг одной криптовалюты Биткойн может генерировать

---

<sup>1</sup> CBECI Cambridge Bitcoin Energy Consumption Index, 2021. Электронный ресурс: <https://digiconomist.net/bitcoin-energy-consumption> (дата обращения 13.05.2021)

по разным оценкам от 28,8 до 90,2 млн т CO<sub>2</sub> ежегодно [Stoll, 2019; de Vries, 2021]. Для сравнения общий углеродный след Биткойна может превышать сокращение выбросов парниковых газов электромобилями (51,9 млн т CO<sub>2</sub> в 2020 г.), что призывает к более тщательному анализу применения технологии, чтобы уменьшить выбросы парниковых газов и удержать уровень антропогенного глобального потепления в пределах 2°C согласно Парижскому соглашению, подписанному Россией в 2016 г.<sup>1</sup>. Чтобы принимать подходящие меры, политикам необходимо верно оценивать экологическую нагрузку от технологии блокчейн [Mora et al., 2018].

Другие существующие криптовалюты или технологии, использующие блокчейн, пока не достигли таких объемов и потребляют меньше электроэнергии, но их развитие – вопрос времени. Основываясь на базовых алгоритмах, текущих показателях хеширования и подходящих устройствах для майнинга, считается, что на Биткойн приходится 2/3 общего потребления энергии, а на малоизученные криптовалюты – 1/3 [Gallersdörfer, 2020].

Вторая по популярности криптовалюта Ethereum потребляет 54,63 ТВт/ч, что сравнимо с энергопотреблением Греции<sup>2</sup>. Ethereum планирует изменить свой алгоритм доказательства работы с POW на более энергоэффективный алгоритм Proof of Stake (POS). На этом протоколе появляется все больше более «экологических» криптовалют, например, SolarCoin и BitGreen. Но вопрос об их экологичности еще предстоит изучить, пока объем их майнинга и торговли не сопоставим с Bitcoin.

Кроме углеродного следа и чрезмерного потребления электроэнергии существуют дополнительные издержки длительного использования технологии блокчейн – увеличение сложности майнинга и появление устройств нового поколения привело к сокращению срока службы вычислительной техники. Это приводит к генерированию значительного количества дополнительных электронных отходов. Это особенно актуально для специализированного оборудования для майнинга самых популярных криптовалют. В отличие от другого компьютерного оборудования, эти схемы нельзя повторно использовать для каких-либо других целей, и они быстро устаревают согласно закону Куми: «Объем вычислений на киловатт энергии при статической нагрузке удваивается каждые полтора года» [Koomey, 2011]. Постоянное повышение энергоэффективности майнинговых устройств приводит к неизбежному их устареванию. Менее эффективные машины для майнинга будут вытеснены с рынка рано или поздно, поскольку они просто не могут конкурировать с более экономичными. В среднем они устаревают за 1,5 года [de Vries, 2019]. Для специализированных майнинговых машин нет других задач, кроме поддержки обработки транзакций и они сразу же превращаются в электронные отходы после устаревания. По данным Digiconomist<sup>3</sup>, сеть Биткойн ежегодно производит от 8 до 12 тыс. тонн электронных отходов.

Так как на данный момент из всех видов имплементации технологии блокчейн самым масштабным является рынок криптовалют, именно его исследование позволит оценить потенциально возможный экологический ущерб от внедрения технологии. Цель данной работы – определить возможные издержки, риски для России, что будет сделано впервые.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для достижения цели статьи использована система общепринятых научных методов исследования и методов исследования на эмпирическом и теоретическом уровнях. Они вклю-

---

<sup>1</sup> Парижское соглашение, 2015. Электронный ресурс: <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/rus/109r.pdf> (дата обращения 13.05.2021)

<sup>2</sup> Digiconomist, The Ethereum Energy Consumption Index, 2021. Электронный ресурс: <https://digiconomist.net/ethereum-energy-consumption> (дата обращения 13.05.2021)

<sup>3</sup> Digiconomist, Bitcoin electronic waste monitor, 2020. Электронный ресурс: <https://digiconomist.net/bitcoin-electronic-waste-monitor/> (дата обращения 13.05.2021)

чают метод сравнения для проведения исследований использования технологии блокчейн в регионах России; анализ и синтез для выявления пространственных тенденций развития технологии блокчейн в России; методы систематизации, группировки и логического синтеза для систематизации информации, формирования заключения и научных предложений по статье.

К сожалению, методика имеет определенные ограничения и высокую степень погрешности. Для определения доли потребления электроэнергии в России на майнинг и поддержку обработки транзакций Биткойна была использована методика Cambridge Bitcoin Electricity Consumption Index. Методика определения места майнинга использует совокупные данные о геолокации на основе IP-адресов хешеров, подключающихся к майнинговым пулам. К сожалению, геолокационные данные доступны только для 37 % от общего хешрейта Биткойна за период с сентября 2019 г. по апрель 2020 г. включительно. Эти данные были приняты за стандартное географическое распределение и экстраполированы. Кроме того, картину может искажать использование виртуальных частных сетей (VPN) или прокси-сервисов, чтобы скрыть IP-адрес и, следовательно, местоположение майнеров, так как в некоторых странах майнинг запрещен, или же используются нелегальные врезки в электросети. Несмотря на ограничения, это наиболее точные данные на текущий момент.

Второе ограничение касается расчетов потребления электроэнергии. Как уже было сказано выше, существуют разные виды оборудования, используемого для майнинга. Энергоэффективность устройств может значительно варьироваться, при этом менее эффективные устройства будут эксплуатироваться в регионах с низкой стоимостью электричества или же в случаях нелегальных врезок в электросети. Кроме того, на энергопотребление влияют другие факторы, например, температура окружающей среды. Майнинг неизбежно сопровождается образованием большого количества тепла и устройства нуждаются в системах охлаждения. Это дает некоторые преимущества для майнинга в странах с холодным климатом, что успешно реализуется, например, в Исландии. Учитывая, что точное потребление электроэнергии не может быть определено, CBECI рассчитывает нижний и верхний предел. В этом диапазоне рассчитывается приблизительная оценка, наиболее близкая к реальному годовому потреблению электроэнергии.

Согласно данным Cambridge Bitcoin Electricity Consumption Index<sup>1</sup> среднемесячный хешрейт в России составляет 6,9 % мирового, а оценка общей электрической нагрузки и потребления сети Биткойн – 132,89 ТВт/ч в год<sup>2</sup>. Соответственно, согласно нашим расчетам, потребление сети Биткойн в России можно оценить в 9,16 ТВт/ч в год.

В среднем в России производство 1 кВт/ч энергии сопровождают 325 г выбросов эквивалентов CO<sub>2</sub>, что выше значения средних выбросов Европейского союза (295 г эквивалентов CO<sub>2</sub>) [Climate Transparency, 2019]. Следовательно, при производстве Биткойн в России выбрасывается 2,977 млн тонн эквивалента CO<sub>2</sub>. Так как на Биткойн приходится 2/3 общего потребления энергии, а на малоизученные криптовалюты – 1/3, мы можем оценить общие выбросы от майнинга криптовалют в России в 4,466 млн тонн эквивалента CO<sub>2</sub>.

За исключением Китая, данные о хешрейте в настоящее время доступны только на уровне страны. Поэтому для определения регионов, где майнинг развит особенно сильно, автором разработана следующая методика. Во-первых, были собраны данные по всем известным майнинг-центрам в России (табл. 1). Данные собирались из разрозненных открытых источников, описывающих существующие центры. Производился поиск информации в специализированных сервисах для аренды мощностей для майнинга, новостных ресурсах, сайтах компаний.

---

<sup>1</sup> CBECI Cambridge Bitcoin Energy Consumption Index, 2021. Электронный ресурс: <https://digiconomist.net/bitcoin-energy-consumption> (дата обращения 13.05.2021)

<sup>2</sup> Bitcoin Energy Consumption Index, 2021. Электронный ресурс: <https://digiconomist.net/bitcoin-energy-consumption> (дата обращения 13.05.2021)

Центры занимаются разработкой не только Биткойна, но и других существующих криптовалют. Так же добавлены данные из регионов, где были раскрыты крупные нелегальные врезки в электросети. Майнинг криптовалют в России полностью юридически не урегулирован. Формально он не запрещен, поэтому чтобы добывать криптовалюту, не нарушая закон, нужно зарегистрировать юридическое лицо и оплачивать электричество и налоги. Но в некоторых регионах распространены нелегальные майнинг-центры. Россети уже сообщали, что рост курса криптовалют несет угрозу перегрузки их сетей, из-за так называемых «черных майнеров», и они фиксируют аномальные скачки энергопотребления в разных регионах [Теткин, 2020]. К сожалению, установить их местонахождение и мощность можно уже только после выявления их правоохранительными органами. На основе их отчетов в список внесены регионы с частыми нелегальными врезками.

Табл. 1. Известные центры майнинга криптовалют в России  
Table 1. Well-known cryptocurrency mining centers in Russia

Регион/город	Название центра	Характеристики	Легальность
Норильск, Красноярский край	BitCluster Nord	150 шт. Antminer S19 ASICs, до 31 мВт, холодный климат	да
Ангарск, Иркутская область	BitCluster	3 мВт	да
Братск, Иркутская область	BitCluster	120 мВт	да
Ивановская область, индустриальный парк «Родники»	BitCluster	–	да
Саранск, Республика Мордовия	BitCluster	10 мВт	да
Братск, Иркутская область	En+ Group совместно с BitRiver	До 400 майнеров нового поколения S19 Pro (110 Th), до 40 мВт	да
Казань, Республика Татарстан	Энергозачет	8 мВт	да
Ханты-Мансийск, ХМАО	Газпром Нефть	150 шт. Antminer S9 ASICs, до 31 мВт, холодный климат, используется сжигаемый природный газ	да
Удомля, Тверская область	Росатом	48 мВт, используется электроэнергия Калининской АЭС	да
Братск, Иркутская область	BitRiver	100 мВт	да
Екатеринбург, Свердловская область	РуссМайнинг	5 мВт	да
Красноярск, Красноярский край	MiNEiNVEST	–	да
Удомля, Тверская область	MiNEiNVEST	–	да
Москва	MiNEiNVEST	Расположен на газотурбинной станции. Это частная генерация электроэнергии	да
Дивногорск Красноярский край	Bitbaza	До 120 мВт	да
Кириши, Ленинградская область	Cryptouniverse	До 20 мВт	да

Республика Ингушетия	–	–	нет
Москва	Itsoft	До 23,2 мВт	да
Екатеринбург, Свердловская область	UMC	До 15 мВт	да
Челябинск, Челябинская область	UMC	До 15 мВт	да
Москва	MineFactory	–	да
Братск, Усть-Илимск, Иркутская область	Minery	До 150 мВт	да
Иркутск, Иркутская область	Bit place	До 30 мВт	да
Иркутск, Иркутская область	A-XBT	До 7,5 мВт	да
Тула, Тульская область	Intelion	До 5 мВт	да
Уфа, Республика Башкортостан	Mining House	3 мВт	да
Гусь-хрустальный, Владимирская область	Goose2mining	До 20 мВт	да
Калининград, Калининградская область	Cryptor	До 50 мВт	да
Челябинск, Челябинская область	Cryptouniverse	До 60 мВт	да
Хабаровск, Хабаровский край	Майнинг Отель	до 3 мВт	да
Петрозаводск, Республика Карелия	Bitrail	До 60 мВт	да
Мурманская область	Bitrail	До 63 мВт	да
Балашиха, Московская область	Cryptoindustry	10 мВт	да
Одинцово, Московская область	Cryptoindustry	5 мВт	да
Санкт-Петербург	Cryptoindustry	3 мВт	да
Псковская область	–	–	нет
Республика Дагестан	–	–	нет
Липецкая область	–	–	нет
Новгородская область	–	–	нет
Москва	Russian Mining Center (RMC)	До 22 мВт	да

Крупнейшие легальные центры майнинга сегодня обеспечивают большую долю потребления электроэнергии криптовалютами. Остальную часть потребляют небольшие частные майнинг-фермы физических лиц. Это могут быть как несколько машин, установленных в квартире, так и специально оборудованные морские терминальные контейнеры мощностью до 1 мВт, которые можно разместить на частном участке. В отличие от крупных центров, небольшие не всегда имеют доступ к промышленным площадкам и используют электричество по тарифам для населения.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам исследования была построена первая карта крупнейших майнинг-центров России (рис. 1). На основе имеющихся данных можно выделить несколько факторов, влияющих на их размещение.

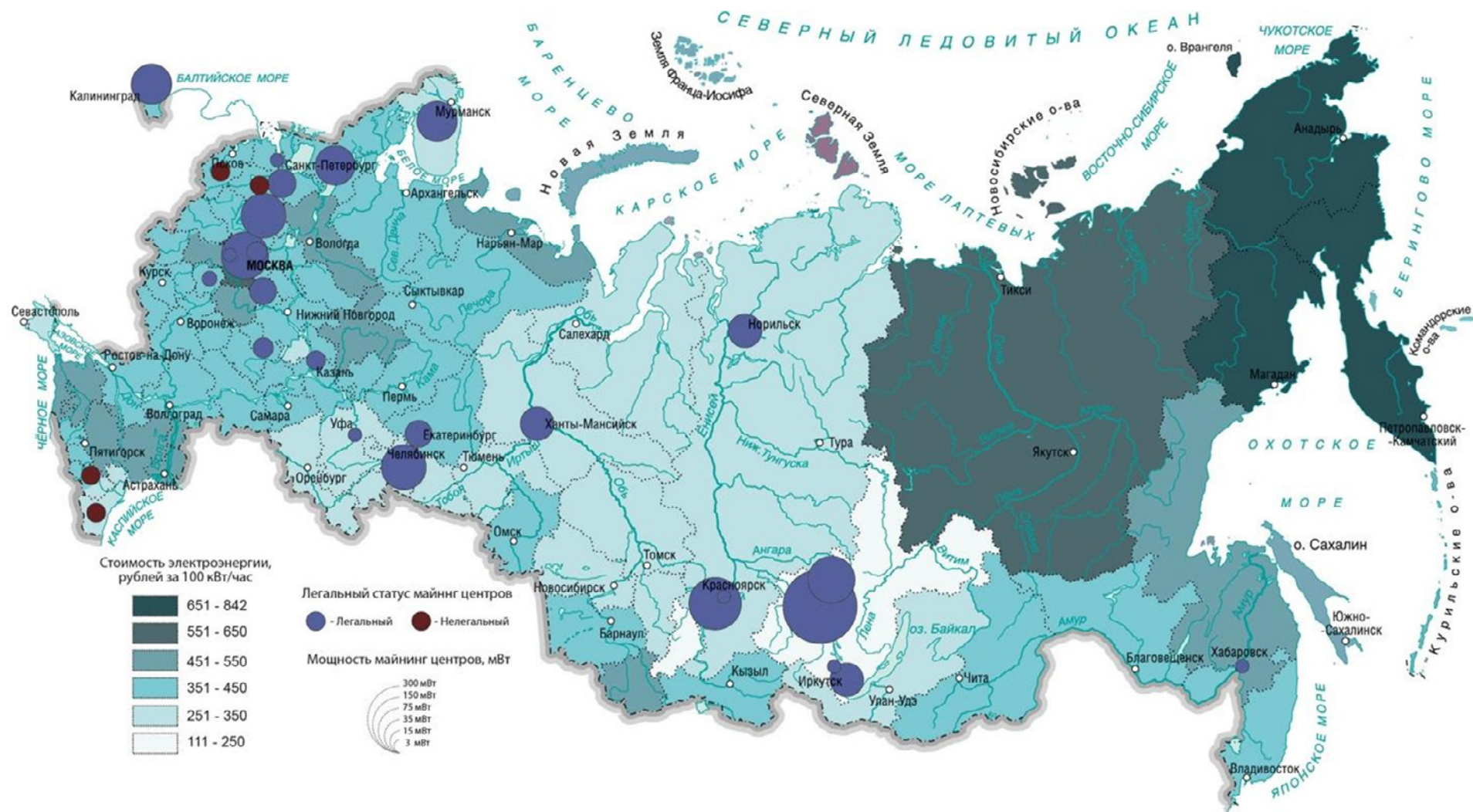


Рис. 1. Распространение центров майнинга криптовалют  
 Fig. 1. Distribution of cryptocurrency mining centres



Одним из самых благоприятных условий для размещения майнинг-ферм является стоимость электроэнергии и, соответственно, их расположение в непосредственной близости от ТЭС, ГЭС, АЭС. Яркий пример – самая крупная концентрация майнинг-центров недалеко от Братской ГЭС. Кроме того, в Иркутской области тариф на электроэнергию в несколько раз ниже среднероссийского: средняя стоимость для компаний в 2018 г. составляла 1,9 руб. за кВт/ч без НДС, для городского населения составляла 1,11 руб. за 1 кВт/ч, для сельского – 0,819 руб. Основным производителем электроэнергии в области является компания En+ Group. Они решили использовать свои преимущества в этой сфере и открыли предприятие Bit+ для добычи криптовалют.

Высокой привлекательностью обладают так же Красноярская ГЭС, Калининская АЭС, Ленинградская АЭС, газотурбинные электростанции, использующие попутный нефтяной газ в ХМАО.

Майнинг-фермы физических лиц также тяготеют к регионам с низкими тарифами на электроэнергию. В Иркутской области многие люди держат одну-две машины у себя в квартире, распространены услуги по их установке и обслуживанию. Переоборудованные морские контейнеры с майнинг-фермами мощностью до 1 мВт так же массово располагаются на сельских участках в регионах с низкой стоимостью электроэнергии и прохладным климатом.

Второй фактор размещения – наличие недорогих промышленных площадок. Большинство кластеров для майнинга организуются на неэксплуатируемых советских промышленных площадках, на которых остались подведенные электрические мощности. На них производится капитальный ремонт и переоборудование под датацентр. Такие площадки эксплуатируются по всей Сибири, на Урале и в Москве. Например, Russian Mining Center (RMC) открылся на площадке бывшего завода «Москвич», а компания BitCluster открыла центр на территории бывшего никелевого завода компании «Норникель».

Еще один немаловажный фактор – климатический. Оборудование для майнинга криптовалют не только требует большого количества энергии, но и выделяет много тепла. Естественное природное охлаждение помогает работе майнинговых установок, сокращая затраты на отвод тепла и электричество.

Нелегальным майнинг-фермам не свойственен ни один из этих факторов размещения. Скорее они располагаются в регионах, где есть возможность скрыть от правоохранительных органов и Россетей кражу электроэнергии.

## ВЫВОДЫ

По результатам исследования выявлено, что в среднем в России на одно только производство Биткойна выбрасывается 2,977 млн тонн эквивалента CO<sub>2</sub>, а общие выбросы от майнинга криптовалют в России составляют 4,466 млн тонн эквивалента CO<sub>2</sub>. Объемы всех выбросов в России с 2010 г. сохраняются на отметке от 1,9 до 2,1 млрд т эквивалента CO<sub>2</sub><sup>1</sup>. Кажется, что доля выбросов от криптовалют минимальна, всего 0,2 %. Но в июне 2021 г. Китай, на долю которого приходится 69 % майнинга криптовалюты в мире, ужесточил свое законодательство в этой сфере, а некоторые провинции (Синьцзян, Сычуань и Внутренняя Монголия) запретили его полностью. Это вызвало бурную миграцию производителей криптовалют в другие страны с дешевой электроэнергией – Россию, Казахстан, Иран. Уже в 2022 г. Россия может значительно нарастить производство криптовалют.

---

<sup>1</sup> Бюллетень о текущих тенденциях российской экономики, Аналитический центр при правительстве Российской Федерации, 2018. Выпуск №39. Электронный ресурс: <https://ac.gov.ru/files/publication/a/17409.pdf> (дата обращения 13.05.2021)

В России майнинг-центры в основном тяготеют к дешевым и возобновляемым источникам энергии – ГЭС и АЭС, что, несомненно, обернется большим плюсом для всего мира после перемещения производства в Россию из Китая, так как в Китае очень высока доля угольных электростанций. Но далеко не все майнинг-центры в России используют возобновляемые источники энергии. Крупные фермы в Челябинске, Екатеринбурге, Москве, ХМАО используют энергию, получаемую за счет сжигания углеводородов.

Основываясь на полученных данных, можно сделать вывод, что майнинг криптовалют хоть и несет определенную экологическую нагрузку, на данный момент в России более экологичен, чем в среднем по миру. Но несмотря на это, перед нами стоит вопрос, так ли необходим нам столь энергозатратный способ производства криптовалют в условиях глобального изменения климата, когда все больше и больше отраслей внедряют энергоэффективные технологии ради любого сокращения выбросов? Ведь фактически производители сжигают электроэнергию просто на суперсложные вычисления, а криптовалюты широко используются для ухода от налогов и преступных операций.

Любое внедрение технологии блокчейн несет в себе риски излишней энерго- и ресурсозатратности при ее длительном использовании. Через десятилетие накопленных операций, например, при использовании смарт-контрактов или регистрации сделок с недвижимостью, размер цепочки будет огромным, и каждая операция потребует все больше и больше вычислительных мощностей. Но если мы говорим о потенциальной пользе в виде обеспечения самого высокого уровня безопасности сделок, это может стоить того. В условиях глобального изменения климата нам необходимо тщательно взвешивать потенциальные издержки.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при поддержке РФФ, грант № 20-47-01001.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The study was funded by the Russian Science Foundation, grant No. 20-47-01001.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Теткин М.* «Россети» увидели угрозу перегрузки сетей из-за роста цены биткоина. РБК: ежедн. интернет-изд, 2020. Электронный ресурс: <https://www.rbc.ru/crypto/news/5fe1b4e09a7947e62c9ccc63> (дата обращения 13.05.2021).
2. *Boucher P., Nascimento S., Kritikos M.* How blockchain technology could change our lives. European Parliamentary Research Service (EPRS), 2017. Электронный ресурс: <https://op.europa.eu/s/pltY> (дата обращения 13.05.2021).
3. Climate Transparency. Brown to Green: The G20 transition towards a net-zero emissions economy, 2019 Berlin, Germany. Электронный ресурс: <https://www.climate-transparency.org/wp-content/uploads/2019/11/Brown-to-Green-Report-2019.pdf> (дата обращения 13.05.2021).
4. *de Vries A.* Bitcoin boom: What rising prices mean for the network's energy consumption. *Joule*, 2021. V. 5. No. 3. P. 509–513. DOI: 10.1016/j.joule.2021.02.006.
5. *de Vries A.* Renewable Energy Will Not Solve Bitcoin's Sustainability Problem. *Joule*, 2019. V. 3. No. 4. P. 893–898. DOI: 10.1016/j.joule.2019.02.007.
6. *Gallersdörfer U., Klaaßen L., Stoll C.* Energy Consumption of Cryptocurrencies Beyond Bitcoin. *Joule*, 2020. V. 4. No. 9. P. 1843–1846. DOI: 10.1016/j.joule.2020.07.013.
7. *Koomey J., Berard S., Sanchez M., Wong H.* Implications of Historical Trends in the Electrical Efficiency of Computing. *IEEE Annals of the History of Computing*, 2011. V. 33. No. 3. P. 46–54. DOI: 10.1109/MAHC.2010.28.

8. *Mora C., Rollins R.L., Taladay K., Kantar M.B., Chock M.K., Shimada M., Franklin E.C.* Bitcoin emissions alone could push global warming above 2°C. *Nature Climate Change*, 2018. V. 8. P. 924–936. DOI: 10.1038/s41558-018-0321-8.
9. *Nakamoto S.* Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System, 2008. Электронный ресурс: <https://nakamotoinstitute.org/bitcoin/> (дата обращения 13.05.2021).
10. *Stoll C., Klaaßen L., Gellersdörfer U.* The Carbon Footprint of Bitcoin. *Joule*, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3335781>.
11. *Triollet R., Mccafferty E., Alvarez Martinez A., Bellan E., Kennedy P. and Al Khudhairi D.* JRC Annual Report 2018. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2019. DOI:10.2760/826410.

## REFERENCES

1. *Boucher P., Nascimento S., Kritikos M.* How blockchain technology could change our lives. European Parliamentary Research Service (EPRS), 2017. Web resource: <https://op.europa.eu/s/pltY> (accessed 13.05.2021).
2. Climate Transparency. Brown to Green: The G20 transition towards a net-zero emissions economy, 2019 Berlin, Germany. Web resource: <https://www.climate-transparency.org/wp-content/uploads/2019/11/Brown-to-Green-Report-2019.pdf> (accessed 13.05.2021).
3. *de Vries A.* Bitcoin boom: What rising prices mean for the network’s energy consumption. *Joule*, 2021. V. 5. No. 3. P. 509–513. DOI: 10.1016/j.joule.2021.02.006.
4. *de Vries A.* Renewable Energy Will Not Solve Bitcoin’s Sustainability Problem. *Joule*, 2019. V. 3. No. 4. P. 893–898. DOI: 10.1016/j.joule.2019.02.007.
5. *Gellersdörfer U., Klaaßen L., Stoll C.* Energy Consumption of Cryptocurrencies Beyond Bitcoin. *Joule*, 2020. V. 4. No. 9. P. 1843–1846. DOI: 10.1016/j.joule.2020.07.013.
6. *Koomey J., Berard S., Sanchez M., Wong H.* Implications of Historical Trends in the Electrical Efficiency of Computing. *IEEE Annals of the History of Computing*, 2011. V. 33. No. 3. P. 46–54. DOI: 10.1109/MAHC.2010.28.
7. *Mora C., Rollins R.L., Taladay K., Kantar M.B., Chock M.K., Shimada M., Franklin E.C.* Bitcoin emissions alone could push global warming above 2°C. *Nature Climate Change*, 2018. V. 8. P. 924–936. DOI: 10.1038/s41558-018-0321-8.
8. *Nakamoto S.* Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System, 2008. Web resource: <https://nakamotoinstitute.org/bitcoin/> (accessed 13.05.2021).
9. *Stoll C., Klaaßen L., Gellersdörfer U.* The Carbon Footprint of Bitcoin. *Joule*, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3335781>.
10. *Tetkin M.* “Rosseti” saw the threat of network congestion due to the rise in the price of bitcoin. RBC: daily Internet edition, 2020. Web resource: <https://www.rbc.ru/crypto/news/5fe1b4e09a7947e62c9ccc63> (date of treatment 05/13/2021). (In Russian).
11. *Triollet R., Mccafferty E., Alvarez Martinez A., Bellan E., Kennedy P. and Al Khudhairi D.* JRC Annual Report 2018. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2019. DOI:10.2760/826410.