

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ СТАТЬЯ

<https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2026-1-14>

УДК 621.311:004.056 + 330.3

JEL Q42, R11, L86, Q48

Е. В. Попова ^{а)}, Н. В. Томин  ^{б)}^{а), б)} Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук, г. Иркутск, Российская Федерация

Влияние майнинга на энергетику Иркутской области: технико-экономическая оценка и меры регулирования¹

Аннотация. Развитие бизнес-майнинга в Иркутской области (ИО) стало ключевым фактором роста потребления электроэнергии, создавая как экономические возможности, так и серьёзные вызовы для энергетической инфраструктуры региона. Выбор Иркутской области в качестве объекта исследования обусловлен её уникальным положением: регион обладает одними из самых низких в России тарифов на электроэнергию, что в сочетании с расширенными лимитами потребления в зимний отопительный сезон и значительными неиспользуемыми энерго мощностями на севере региона сделало его привлекательным «хабом» для майнеров. Цель исследования – технико-экономическая оценка развития майнинга в ИО с выработкой мер для его устойчивого регулирования. Задачи включают анализ текущего состояния майнинга, оценку его влияния на энергетику и экономику региона. Исследование основано на агрегированных и обезличенных статистических данных местных энергокомпаний, а также научных материалах экспертного сообщества в региональном разрезе исследуемой проблемы. Результаты исследования, полученные на базе мультипликативного анализа, подтверждают необходимость сбалансированного подхода, сочетающего стимулирование легального майнинга (при ожидаемом объёме мощности до 500 МВт к 2038 г.) с защитой энергетической инфраструктуры и потребителей. Рассчитанный эффективный региональный мультипликатор ($K = 1.22$) показывает, что при текущей структуре экономики ИО рубль локализованных автономных расходов майнинговой деятельности в легальном и частично легальном сегментах обладает умеренным стимулирующим эффектом для наблюдаемого ВРП. Практическая значимость работы подтверждается расчётами, показывающими, что при доле легальных майнинг-предпринимателей свыше 60 % обеспечивается положительный экономический эффект для региона. Предложенные меры, включая дифференцированные тарифы (ДФТ), создание микрогридов на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ), и привлечение майнеров к регулированию графика нагрузки, позволяют снизить пиковую нагрузку на энергосистему с экономическим эффектом до 4,9 млрд р./год, что фактически позволяет увеличить доходы региона и стимулировать развитие новых технологий.

Ключевые слова: майнинг, электроэнергетика, энергопотребление, дифференцированные тарифы, Иркутская область, регулирование, развитие региона

Для цитирования: Попова, Е. В., Томин, Н. В. (2026). Влияние майнинга на энергетику Иркутской области: технико-экономическая оценка и меры регулирования. *Экономика региона*, 22(1), 191–204. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2026-1-14>

¹ © Попова Е. В., Томин Н. В. Текст. 2026.

Impact of Cryptocurrency Mining on the Power Sector of Irkutsk Oblast: A Techno-Economic Assessment and Regulatory Measures

Abstract. The development of industrial scale cryptocurrency mining in Irkutsk Oblast (Russia) has become a key driver of the growth in electricity demand, creating both economic opportunities and significant challenges for the region's energy infrastructure. The region was selected for the study due to its unique conditions, including some of the lowest electricity tariffs in Russia, increased consumption limits during the winter heating season, and substantial unused generation capacity in the northern part of the region. These factors make it an attractive hub for miners. This study provides a techno-economic assessment of mining development in the region and proposes measures for its sustainable regulation. It analyses the current state of mining and evaluates its impact on the regional power sector and economy. The analysis is based on aggregated and anonymized data from local energy companies, as well as relevant scientific and expert materials at the regional level. The results of the multiplicative analysis indicate the need for a balanced approach that supports legal mining, which is projected to reach up to 500 MW by 2038, while protecting energy infrastructure and consumers. The estimated regional multiplier ($K = 1.22$) suggests that one ruble of localized autonomous spending from legal and semi-legal mining has a moderate positive effect on gross regional product. The study also shows that positive economic outcomes are achieved when the share of legal mining exceeds 60 %. The proposed measures include differentiated tariffs, microgrids based on renewable energy, and the involvement of miners in load management. These measures can reduce peak demand and generate economic benefits of up to 4.9 billion rubles annually, thereby increasing regional revenues and supporting technological development.

Keywords: cryptocurrency mining, electric power industry, electricity consumption, differentiated tariffs, Irkutsk Oblast, regulation, regional development

For citation: Popova, E. V., & Tomin, N. V. (2026). Impact of Cryptocurrency Mining on the Power Sector of Irkutsk Oblast: A Techno-Economic Assessment and Regulatory Measures. *Ekonomika regiona / Economy of regions*, 22(1), 191–204. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2026-1-14>

Введение

Майнинг — относительно новое явление как в России, так и в зарубежных странах. Майнинг в целом претендует на «звание» бизнеса, а официальный промышленный майнинг (ПМ) предполагает занять свое место среди промышленных предприятий регионов и стран. Проблемы, создаваемые майнерскими «фермами», в основном заключаются в том, что они создают критическую нагрузку на инфраструктуру регионов размещения в целом и электросетевого комплекса в частности. Особенно остро стоит проблема в энергодефицитных регионах. Дополнительная нагрузка легла также на регионы с низкими тарифами на электроэнергию, поскольку они наиболее привлекательны для майнеров, стремящихся получить максимум прибыли. Например, это касается Сибирского федерального округа (СФО) РФ и особенно ИО, где низкая стоимость электроэнергии в результате субсидий для населения от государства и промышленных предприятий сочетается с почти достигнутым пределом на генерацию в южной части региона (Санеев и др., 2014).

Частично проблему энергодефицита в РФ решает введение ограничения на электропотребление, которое для бытовой и приравненной к ней нагрузки с 01.12.2024 почти по всей стране состав-

ляет 3900 кВт·ч/мес. для первой льготной ценовой зоны. Отдельно для ИО с ее суровыми зимами и, соответственно, повышенным потреблением электроэнергии на обогрев по запросу губернатора области лимиты потребления были расширены в 1,8 раза на период с января по апрель ежегодно. В результате расширенный лимит потребления в совокупности с самыми низкими тарифами на электроэнергию в стране неизбежно ведут к дополнительному повышению привлекательности региона для майнеров (Жилкина, 2024). Следовательно, случаи перерывов в электроснабжении, аварийные отключения нагрузки и другие последствия будут только учащаться.

В связи с запросами некоторых российских энергокомпаний правительством РФ было принято важное решение, которое позволяет частично снизить остроту вопроса. С 01 января 2025 г. в России действует либо частичный, либо полный запрет на майнинг криптовалют в ряде регионов на период до 15 марта 2031 г.¹ При этом запрет

¹ Постановление Правительства Российской Федерации от 01 ноября 2024 г. №1468 (ред. от 21.03.2025) «Об утверждении Правил установления запрета на осуществление майнинга цифровой валюты (в том числе участие в майнинг-пуле) в отдельных субъектах РФ или на отдельных их территориях». https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_489553/ (дата обращения: 02.02.2026).

на майнинг в части регионов связан не только с дефицитом электроэнергии, но и с действующими льготами на оплату электроэнергии в некоторых из них. Например, в ИО, Бурятии и Забайкалье должен действовать частичный запрет на добычу ежегодно, в период полупиковых нагрузок с ноября по март, вплоть до 2031 г. Одна из основных целей этого запрета — заставить майнеров уезжать в другие регионы страны с избытком энергомощности. Это особенно важно для регионов, в которых, как, например, в ИО, почти отсутствует газификация, которая позволила бы гибко использовать альтернативные источники энергии в отопительный сезон.

Среди всех регионов страны ИО выделяется тем, что в настоящее время является негласной столицей майнинга. В последние годы в регионе фиксируется взрывной рост энергопотребления (Стенников и др., 2024). За девять месяцев 2024 г. (январь–сентябрь) электропотребление электроэнергетической системы (ЭЭС) ИО составило 52,4 млрд кВт·ч, что на 9,4 % выше аналогичного периода предыдущего года. Рассматриваемый период включает и летние месяцы, что свидетельствует о том, что «майнят» круглый год и повышение потребления произошло не только за счет расширения населения «частного сектора» в коттеджных поселках и садоводствах. В результате анализа, выполненного группой компаний «ЭН+», выяснилось, что этот рост электропотребления в ИО обусловлен ростом в основном официального, зарегистрированного майнинга, причем этот прирост формировался неравномерно по годам: +78,1 % к ноябрю 2022 г., +40,5 % — к ноябрю 2023 г. (Стенников и др., 2024). Прирост электропотребления за счет неофициального майнинга — величина вариативная, и ее размер до сих пор четко не оценивался.

Важно отметить, что энергетические вызовы в ИО носят структурный и территориально-диспропорциональный характер. Несмотря на то, что регион в целом обладает значительными избыточными генерирующими мощностями (главным образом за счет крупных ГЭС на севере), его энергосистема сталкивается с феноменом «запертых мощностей». Основной прирост нагрузок, включая майнинговые фермы, сосредоточен в южных и центральных энергоузлах, в то время как существующие магистральные линии электропередачи с севера на юг исчерпали пропускную способность. В результате на юге региона формируется локальный дефицит мощности, особенно острый в зимний период и оцениваемый на текущий момент в ~1 ГВт, в то время как мощности на севере не могут быть задействованы в полной мере. Таким образом, проблема сочетает в себе как вызовы развития

сетевой инфраструктуры (высокого и сверхвысокого напряжения), так и фактический дефицит генерирующей мощности в ключевых нагрузочных центрах.

Несмотря на неоднократные протесты энергетиков, с 01 ноября 2024 г. майнинг в России официально легализован¹, что даёт возможность добывать криптовалюту как юридическим, так и физическим лицам, в связи с чем большая часть регионов РФ сталкивается с реальностью майнинга и вынуждена решать сопутствующие ему проблемы, прежде всего энергодефицита, связанные с деятельностью как законных, так и незаконных майнеров.

Таким образом, развитие майнинга необходимо рассматривать в контексте системных региональных проблем энергетики Иркутской области. К ним, в частности, относятся: 1) высокая изношенность сетевой инфраструктуры, не рассчитанной на резко возросшие нагрузки; 2) диспропорция в тарифной политике, где низкие тарифы для населения, призванные компенсировать суровые климатические условия, создают искаженные стимулы для энергоемкого бизнеса; 3) наличие энергоизбыточных зон (вблизи крупных ГЭС) при одновременном дефиците мощностей в нагрузочных центрах (крупные города); 4) сезонная неравномерность нагрузок, усугубляемая пиковым потреблением в зимний период. В данном исследовании майнинг рассматривается как новый и мощный катализатор, который обостряет эти давние системные проблемы, выводя их на новый уровень актуальности и требуя безотлагательных решений.

Для достижения поставленной цели в качестве рабочей гипотезы исследования было выдвинуто следующее предположение: бесконтрольный рост майнинга создает нелинейную нагрузку на энергосистему региона, превышение определенного порога которой ведет к значительному росту тарифов для населения и требует дифференцированных регуляторных мер для обеспечения устойчивого развития.

Разработанность проблемы в области развития бизнес-майнинга в РФ и Иркутской области

Прежде чем перейти к эмпирическому анализу, целесообразно рассмотреть теоретические и прикладные аспекты проблемы, уже разработанные в научной литературе. В данном разделе систематизируются ключевые понятия бизнес-майнинга, анализируются различия между

¹ Федеральный закон от 8 августа 2024 г. № 221-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_482417/ (дата обращения: 02.02.2026).

его промышленным и бытовым сегментами, а также обосновывается уникальность Иркутской области как объекта исследования.

Промышленный и бытовой майнинг в России: оценка сходств и отличий

К настоящему времени во всем мире и в РФ уже устоялось понятие промышленного майнинга (ПМ), который имеет отличия от бытового («домашнего») майнинга (БМ), аналогичные отличиям между промышленными и частными предприятиями (Михайлов, Рунец, 2023). В России ПМ занимает примерно 1,5–1,7 ГВт компьютерной и другой вычислительной мощности, что, в свою очередь, составляет около 65 % общего майнинга страны (Михайлов, Рунец, 2023). Основное отличие БМ и ПМ заключается в масштабе деятельности (Лекомцева, 2019). Последний требует значительных начальных инвестиций и организационных навыков от участников и организаторов, а также обычно зарегистрирован в Росреестре, чтобы работать официально, и платит налоги в бюджет региона. БМ, в основном, является официально не зарегистрированным — «серым», маскирует свою деятельность, не платит налоги, почти всегда располагается вне специализированных помещений и создает разнообразные проблемы окружающим, в основном по соседству с местом расположения (Выборова, 2024).

Вторым важным отличием между майнингом двух групп является объем электропотребления. Промышленные майнеры часто размещают свое оборудование в особенных регионах с низкой стоимостью электроэнергии или даже в регионах с возобновляемыми источниками энергии (ВИЭ), включая гидроэнергетику, для минимизации своих инвестиций, текущих и долгосрочных дополнительных затрат (Самохин и др., 2019). Так, по последним оценкам экспертов, с использованием ВИЭ производят более 55 % биткоинов в мире¹, а в регионах РФ с низкими тарифами на газ стали популярны решения для обслуживания майнинга посредством создания собственных газовых электростанций. В противоположность промышленным, домашние майнеры обычно располагаются в своем регионе проживания и ограничены местными тарифами на электроэнергию.

Согласно мнению экспертов-энергетиков (Стенников, Головщиков, 2022; Михайлов, Рунец, 2023), майнеры всех типов создают значительную дополнительную нагрузку на энергосистему. В некоторых регионах страны при высокой

изношенности электрооборудования подстанций и воздушных ЛЭП местных ЭЭС в сочетании с локальным дефицитом генерирующих мощностей в нагрузочных центрах (в первую очередь, на юге региона) и ограничениями пропускной способности сетей майнинг становится или уже стал значительной дополнительной проблемой не только для местных энергетиков, но и для регионов размещения в целом. И поскольку с ноября 2024 г. майнинг в РФ официально разрешен², то для таких «особенных» майнинг-регионов РФ возникает настоятельная необходимость решения многих острых вопросов, связанных с майнинг-бизнесом, и особенно с деятельностью «серых» криптодобытчиков.

Основные понятия бизнес-майнинга

Майнинг (от англ. *mining* — добыча) представляет собой процесс проверки и подтверждения транзакций в сети криптовалюты с использованием вычислительной мощности компьютеров, которые требуются для поиска уникального криптографического значения (хеша), которое удовлетворяет заданным условиям сети (Okorie et al., 2024). Под майнинг-фермой обычно понимается группа компьютеров, специально настроенных для добычи криптовалюты, позволяющих значительно увеличивать вычислительные мощности и, соответственно, доходы майнеров-предпринимателей. Под термином «бизнес-майнинг» в данной статье понимается профессиональная, систематическая деятельность по добыче криптовалюты, осуществляемая с целью извлечения предпринимательского дохода, в отличие от спортивного БМ частными лицами.

Кроме общеизвестных опасностей: электро- и пожароопасности для окружающих, майнинг также может наносить ущерб окружающей среде и даже содействовать перемене климата вследствие дополнительного повышения местной температуры и парникового эффекта. В этой связи возможно эффективное и полезное использование этого «недостатка» майнинга: выработываемую майнинг-фермами тепловую энергию можно направлять на обогрев близлежащих объектов, что уже реализуется в ряде практических разработок (Parrado-Duque et al., 2023). Например, в работе (Демидов, 2022) также говорится о реализованных в г. Иркутске технологиях полезной утилизации тепла от майнинга, осуществляемой в зимний период через водяное

¹ Bitcoin renewable energy Cambridge. (n.d.). Cambridge Centre for Alternative Finance. <https://ccaf.io/cbnsi/cbeci> (дата обращения: 25.04.2025).

² Постановление Правительства Российской Федерации от 1 ноября 2024 г. № 1468 (ред. от 21.03.2025) «Об утверждении Правил установления запрета на осуществление майнинга цифровой валюты (в том числе участие в майнинг-пуле) в отдельных субъектах РФ или на отдельных их территориях». https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_489553/ (дата обращения: 02.02.2026).

отопление частных домов, в летний — посредством нагрева воды в бассейнах.

Для задач майнинга перспективным представляется использование, помимо традиционных источников электроэнергии, альтернативных на базе ВИЭ с возможностью организации собственных микросетей. Примером являются выполненные исследования (Черешня, 2021), которые дополнительно показали, что ключевым фактором наиболее экономически выгодного размещения майнинг-ферм является близость к источникам генерации. Исследования также подтверждают, что ключевым фактором экономически выгодного размещения майнинг-ферм является близость к источникам крупной генерации, обеспечивающая низкую стоимость электроэнергии (Черешня, 2021). Наиболее показательный пример — высокая концентрация майнинг-центров в районе Братской ГЭС.

Региональные аспекты реализации бизнес-майнинга в Иркутской области при сравнении вариантов майнинга

В последние годы СФО превратился в один из ключевых мировых центров криптовалютной индустрии, и основная активность в сфере майнинга сосредоточена в Красноярском крае и в ИО (Жилкина, 2023), причем одной из мировых причин этого явления стал тотальный запрет на криптодобычу в Китае, благодаря чему китайские майнеры переместились в смежные российские регионы с низкой стоимостью электроэнергии, т. е. в основном в ИО и Забайкалье. Эти регионы в первую очередь привлекают майнеров самыми низкими в России тарифами на электроэнергию, что крайне важно для энергоемкого процесса добычи криптовалют. При этом ИО уже давно заслужила статус российской «столицы майнинга» благодаря своим уникальным условиям. На территории области сосредоточено значительное количество гидроэлектростанций, что обеспечивает стабильную и очень дешевую генерацию электроэнергии. Вследствие этой особенности суммарная мощность майнинг-нагрузки в некоторых районах области достигла нескольких мегаватт (уровень средних промышленных предприятий) (Стенников, Головщиков, 2022), что ожидаемо создаёт разнообразные проблемы электросетевому комплексу региона, в основном касающиеся местного недостатка энергопотребности. Примечательно, что большинство майнинг-ферм расположено не в крупных городах, таких как Иркутск, а в сельской местности, где действуют еще более низкие тарифы на электроэнергию, установленные специально для сельских потребителей.

Благоприятными для процесса криптодобычи являются также особенные климатические

условия СФО, включающие низкие температуры в зимний период, достигающий девяти месяцев в году. Благодаря продолжительной зиме снижается потребность в охлаждении майнинг-оборудования в зимний период, что также отчасти способствует экономичности и эффективности процесса криптодобычи.

Практика реализации майнинга в целом по РФ и в СФО в частности к настоящему времени показала, что БМ является в основном незаконным, или «серым», и причиняет относительно большой вред и проблемы местному региону размещения по сравнению с ПМ, который в основном является законным. Причем «серые» майнеры в основном маскируют свою деятельность и зачастую устанавливают вычислительное оборудование в самых неожиданных местах. Такие предприниматели предпочитают оплачивать потребленную электроэнергию по льготному, а не коммерческому тарифу, или не оплачивать совсем. В этом случае оборудование для БМ подключается к общедомовым счетчикам многоквартирных домов или к счетчикам на границе балансовой принадлежности садоводств и гаражных кооперативов. В результате многократно возросшие потери электроэнергии вынуждены оплачивать все соседи криптодобытчиков.

Согласно мнению специалистов службы «Иркутскэнергосбыт», «подпольные» майнинг-фермы возможно эффективно выявлять по косвенным признакам, таким как промышленный объем потребления в несанкционированных местах. Например, согласно анализу электропотребления в ИО, 81 % домохозяйств использует не более 600 кВт·ч/мес. электроэнергии, причем индивидуальное потребление домохозяйств свыше 6000 кВт·ч/мес. (Деревцова и др., 2022) характерно только для крупных коттеджей в пиковый отопительный сезон. По данным группы компаний «ЭН+», наиболее проблемным в отношении «серого» БМ является в настоящее время Иркутско-Черемховский район ИО, где наличие «серого» майнинга оценочно составляет 240 МВт суммарно.

Еще одним признаком майнинг-деятельности является местное значительное «необъяснимое» повышение температуры. Зачастую вследствие недостаточного охлаждения майнинг-оборудования или его полного отсутствия, а также изношенности существующих электрических сетей, не рассчитанных на повышенную нагрузку, в местах неправильной установки незаконного оборудования возникают локальный перегрев воздуха и проводов, короткое замыкание и, как следствие, возгорание оборудования и жилья. Известны случаи таких пожаров в Шелеховском, Нижнеудинском районах

и в с. Максимовщина ИО, которые привели к имущественному урону и человеческим жертвам.

В отличие от бытовых майнеров, представители ПМ в основном законопослушны и работают официально на специально предназначенных площадках, что обеспечивает соблюдение всех необходимых норм безопасности. Например, в г. Братск в 2020 г. была организована крупная ферма, в состав которой вошли 14 специализированных модулей — закрытых площадок, где каждый модуль вмещает по 400 «майнеро-мест». Ферма оплачивает налоги в бюджет региона, а ее специализированные помещения поглощают шум, вибрации и избыточное тепло от работы оборудования (Варфоломеев, Бабин, 2022).

Методы исследования

Методическую основу данного исследования составляет комбинированный количественный подход, позволяющий провести технико-экономическую оценку влияния майнинга на регион. Для достижения поставленных целей использованы следующие методы и источники информации: статистические данные местных энергокомпаний, регрессионное моделирование для оценки влияния на тарифы, анализ мультипликативного эффекта для оценки экономического воздействия, а также методы прогнозирования спроса.

Анализ мероприятий по выявлению неофициального майнинга

С точки зрения энергетиков, несанкционированные узлы потребления электроэнергии в промышленных масштабах, внезапно возникшие в жилом секторе городов и населенных пунктов, являются одним из определяющих признаков наличия «серого» майнинга и могут являться достаточным поводом для проверки достоверности информации со стороны энергоснабжающей организации. Например, согласно данным «Иркутскэнергосбыта», около 1 % абонентов региона в 2021–2024 гг. потребляли примерно по 13000 кВт·ч/мес., что в 30 раз выше среднеобластного показателя. При этом за 7 месяцев 2021 г. количество лицевого счетов с потреблением свыше 6000 кВт·ч/мес. увеличилось на 4,92 тыс. (62 %) (Стенников, Головщиков, 2022). В результате резко «подросшие» лицевые счета инициировали проверку счетчиков потребителей.

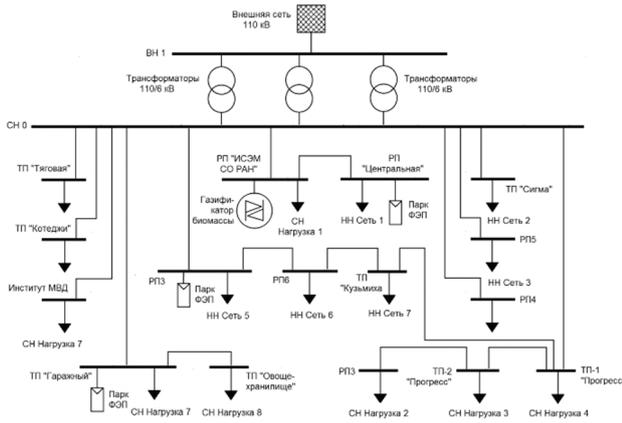
Вторым определяющим признаком майнинга является необычный «ровный» нагрузочный график потребления узла в любое время суток и любой день недели, без характерных для коммунально-бытовой нагрузки провалов в ночное и обеденное время, а также в выходные дни. Соответственно, по этим признакам в июле 2021 г. в частном гараже одного из поселков

ИО было обнаружено незаконное майнинговое оборудование, которое потребляло порядка 11000 кВт·ч/мес. независимо от времени года и суток. Это потребление примерно в 3,5 раза превысило потребление остальных гаражей поселка при их стандартном графике потребления (Тебиев, 2024).

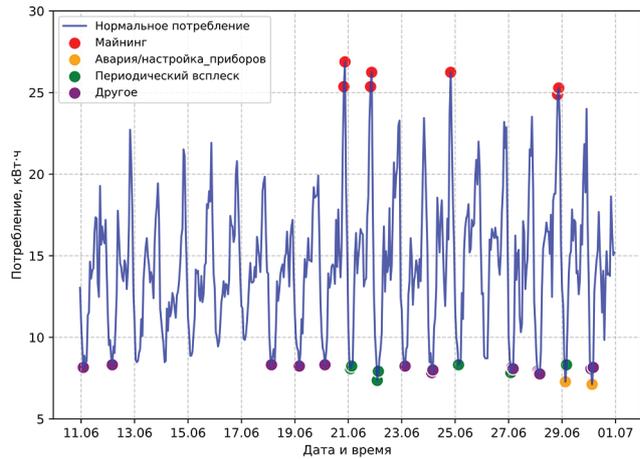
Таким образом, выявление подозрительных, с точки зрения «серого» майнинга, объектов должно выполняться систематически, причем на основе анализа характера и объема потребления электроэнергии всех объектов местности. Эффективность такого подхода уже доказана посредством выборочных проверок. Например, в период с января по март 2024 г. в результате такого мониторинга «Иркутская энергетическая компания» выявила 633 объекта незаконного майнинга (Архипова и др., 2024). Среди перспективных мер регулирования можно выделить внедрение систем автоматизированного выявления «серого» майнинга на основе цифровых двойников распределительных сетей, которые, используя данные интеллектуального учета и алгоритмы машинного обучения, позволят перейти от реактивной работы по жалобам к проактивному мониторингу и точной локализации нелегальных потребителей. Например, в работе (Томин и др., 2021) была предложена модель цифрового двойника распределительной сети, построенная по такому принципу на базе методов машинного обучения, которая, в том числе, была ориентирована на задачу идентификации «серого» БМ в многоквартирных домах энергорайона Академгородок в г. Иркутске (рис. 1), где фиксировались такие прецеденты.

Еще одним дополнительным «вынужденным» способом обнаружения незаконного майнинга можно считать установление взаимодействия энергетиков с населением. Так, для жителей ИО на сайте «Иркутскэнергосбыта» разместили номер телефона, на который в круглосуточном режиме поступают жалобы на незаконных майнеров¹. Основными жалобами населения, позволяющими по косвенным признакам установить наличие майнинга по соседству, явились шум и вибрации в соседних садовых домах и квартирах в ночное время, открытые в зимнее время окна многоквартирных домов, приводящие к размораживанию общей системы отопления, недопустимый нагрев (до 400 °С) пола и стен смежных квартир. В садоводствах и гаражных кооперативах возникли дополнительные жалобы: завышенные в 10–20 раз счета за электроэнергию.

¹ Куда сообщать о фактах «серого» майнинга? (10.08.2022). Иркутскэнергосбыт. <https://sbyit.irkutskenergo.ru/news/4361.html> (дата обращения: 25.04.2025).



а) схема фрагмента сети 110/6 кВ Академгородок, г. Иркутск, для которого создается цифровая модель (двойник)



б) пример результата работы алгоритма: выявление аномального графика нагрузки на одном из конечных потребителей (уровень 0.4 кВ), входящего в энергорайон

Рис. 1. Принцип идентификации аномалий электропотребления, характерных для «серого» майнинга, на основе цифрового двойника энергорайона Академгородок г. Иркутска (источник: адаптировано из (Томин и др., 2021))

Fig. 1. Detecting electricity-use anomalies linked to “gray” mining using a digital twin of a district in Irkutsk (Akademgorodok). (Source: Tomin et al., 2021)

Кроме того, в декабре 2024 г. в ИО начала работу комиссия по выявлению «подпольных» майнеров на основании звонков, поступивших от жителей. Целью комиссии является контроль за законностью деятельности криптодобытчиков: наличие регистрации на деятельность, оплата потребления по коммерческому, а не бытовому тарифу, не превышение разрешенного норматива потребления. Основанием для организации комиссии явилось новое законодательство¹, в соответствии с которым появилась законная возможность незамедлительно отключать от энергоснабжения выявленные объекты-нарушители. Последние две меры являются немаловажными мероприятиями, т. к., например, по оценкам «ЭН+», снижение пиковой нагрузки от майнинга, которого можно добиться путём отключений, только в Иркутско-Черемховском районе (наиболее проблемном с точки зрения «серого» майнинга) может составить 165 МВт. Предполагается, что подобная радикальная мера будет стимулировать майнеров зарегистрировать свою деятельность.

Характеристика подходов к устранению негативных последствий от майнинга

Анализ существующей ситуации в СФО и в ИО, в частности, показал (Архипова и др., 2024;

¹ Постановление Правительства Российской Федерации от 23 декабря 2024 г. № 1869 «Об установлении запрета на осуществление майнинга цифровой валюты (в том числе участие в майнинг-пуле) в отдельных субъектах Российской Федерации и на отдельных территориях субъектов Российской Федерации». <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202412240018> (дата обращения: 02.02.2026).

Калужнова, 2023), что главным важным условием регулирования деятельности майнеров и устранения негативных последствий от майнерского бизнеса является официальная регистрация деятельности. И только вторым и, возможно, единственным эффективным условием является принятие мер экономического характера.

К настоящему времени при отсутствии регистрации деятельности и / или выявлении других нарушений (мошеннических действий с оплатой за потребленную электроэнергию, превышении разрешенных норм потребления конкретного региона, пренебрежении мерами электро- и пожаробезопасности и др.) работники энергоснабжающих организаций получили право на отключение таких потребителей от источника электроснабжения и наложения штрафа (Жилкина, 2024). При этом отключение выполнить проще, если у потребителя установлен интеллектуальный электросчётчик, который может иметь встроенный коммутационный аппарат ограничения / отключения потребления². В отношении мер экономического воздействия есть ещё определённые сложности, т. к. размер штрафа и порядок его начисления пока нормативно не установлены.

Однако хорошей альтернативой принудительным отключениям является предоставление возможности не только промышленным,

² Постановление Правительства РФ от 19.06.2020 № 890 (ред. от 29.03.2024) «О порядке предоставления доступа к минимальному набору функций интеллектуальных систем учета электрической энергии». <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202006230034> (дата обращения: 02.02.2026).

но и бытовым майнерам — индивидуальным предпринимателям (ИП) участвовать в управлении спросом, т. е. работать активными потребителями (Окладников и др., 2023; Михайлов, Рунец, 2023). Причем, по оценкам компании «ЭН+», майнеры являются самыми перспективными в отношении добровольной оптимизации своего электропотребления в определённые часы. Отмечается, что данная категория потребителей имеет преимущества в этом отношении, поскольку зачастую оснащена интеллектуальными счётчиками с функцией почасового учёта потребления, имеющими «понятные» однолинейные схемы и технологические возможности для регулирования нагрузки.

Необходимо также усовершенствовать индивидуальные договоры на подключение к электрооборудованию, которые после регистрации майнера в качестве ИП в обязательном порядке заключаются с энергоснабжающей организацией¹. В договорах в качестве дополнительного пункта необходимо указывать также индивидуальные нормативы потребления, разные для ПМ и БМ.

В качестве дополнительной меры и с целью «установления социальной справедливости» в отношении «пострадавших от майнеров» соседей в декабре 2024 г. в Госдуме было выдвинуто предложение о лишении льготного тарифа на электроэнергию россиян, занимающихся бизнес-майнингом². Было предложено внести соответствующие изменения в действующее законодательство. Такая мера может быть достаточно эффективной в отношении неофициального мелкого БМ, поскольку вынудит его представителей подсчитывать и соотносить свои расходы на необходимое оборудование и доходы от деятельности, с учетом штрафов и расходов на отключение от сети.

Еще одной мерой экономического воздействия как на БМ, так и на ПМ является введение ДФТ на электроэнергию, характерных для каждого конкретного региона страны. Например, в ИО с 01.01.2025 вступили в действие новые льготные ДФТ³, в соответствии с которыми для городского населения области установлены три категории потребления. Согласно новым тарифам, ежемесячное потребление до 7020 кВт·ч/мес. составляет первый диапазон потребления со стоимо-

стью электроэнергии 1,58 р./кВт·ч; потребление 7020–10800 кВт·ч/мес. — второй диапазон со стоимостью 2,54 р./кВт·ч и свыше 10800 р./кВт·ч — третий диапазон потребления за 4,90 р./кВт·ч. Льготные тарифы действуют половину зимнего отопительного сезона — с января по апрель ежегодно. В остальные месяцы тарифы за потребление такие же, как во всех остальных регионах РФ с менее суровыми климатическими условиями.

Новые тарифы и нормативы потребления были установлены на основании анализа максимального электропотребления коттеджами и частными предприятиями ИО с целью предотвращения субсидирования частного бизнеса и ущемления интересов населения, для которых субсидии и предназначены. Анализ потребления показал, что частные предприятия, включая бизнес-майнинг, в основном относятся к третьей категории потребителей, поэтому должны оплачивать электропотребление по коммерческим ценам, принося дополнительные доходы региону.

Следует отметить, что ряд исследователей-экспертов довольно скептически относятся к введению ДФТ как к некому превентивному средству предотвращения вреда от майнеров сетям. Исследование (Калюжнова, 2023) показывает отсутствие прямой зависимости между тарифами и качеством энергоснабжения. Например, несмотря на 2,5-кратный рост тарифов для населения за период 2008–2022 гг. (с 0,57 до 1,42 руб./кВт·ч), модернизация сетей в регионе так и не была проведена, в связи с чем делается вывод о том, что энергетические проблемы региона обусловлены не ростом майнинга, а институциональными факторами.

Результаты технико-экономической оценки развития бизнес-майнинга в Иркутской области

Применение описанного методического аппарата позволило получить следующие результаты, характеризующие масштабы влияния бизнес-майнинга на энергосистему и экономику Иркутской области. В данном разделе представлены результаты статистического анализа, выводы регрессионной модели, расчет мультипликативного эффекта и прогнозные оценки.

На основании анализа сложившейся ситуации можно заключить, что основным драйвером роста потребления электроэнергии в ИО в последние годы (5–7 лет) является майнинг, а не прирост населения и жилищного строительства (Стенников, Головщиков, 2022). По статистическим данным местных энергокомпаний, за 11 месяцев 2022 г. потребление официального майнинга увеличилось на 78,1 % по сравнению с 2021 г., а за аналогичный период 2023 г. —

¹ Там же.

² ТАСС. (3 декабря 2024 года). Майнеров предложили лишать льгот на электроэнергию. <https://tass.ru/ekonomika/22557589> (дата обращения: 25.04.2025).

³ Постановление Правительства Российской Федерации от 23 декабря 2024 г. № 1869 «Об установлении запрета на осуществление майнинга цифровой валюты (в том числе участие в майнинг-пуле) в отдельных субъектах Российской Федерации и на отдельных территориях субъектов Российской Федерации». <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202412240018> (дата обращения: 02.02.2026).

на 40,5 % по сравнению с 2022 г. (Антипин и др., 2023; Стенников и др., 2024). При этом рост потребления населением, включая «серый» майнинг, составил 12,2 % за 11 месяцев 2022 г. и снизился на 1,0 % за 11 месяцев 2023 г. Это свидетельствует о том, что именно майнинг, а не бытовое потребление, является основным фактором увеличения нагрузки на ЭЭС региона.

Согласно прогнозам, рост нагрузки (пикового энергопотребления) к 2029 и 2038 гг. составит 2252 МВт (+53 % к текущему уровню). Основной вклад в этот рост внесут майнинг и промышленность (Стенников, Головщиков, 2022). В частности, ожидаемая нагрузка от майнеров увеличится более чем на 500 МВт, а от промышленности — на 1400–1500 МВт (рис. 2), при этом нагрузка от населения на основании выполненных оценок вырастет незначительно: на 9 МВт к 2029 г. и на 20 МВт к 2038 г., соответственно.

Прогнозируемый прирост нагрузки от майнинга следует рассматривать в контексте описанной структурной диспропорции. Эта величина сопоставима с половиной текущего дефицита мощности в южном энергоузле, что подчеркивает критическую важность одновременного решения как задач по легализации и оптимизации нагрузки от майнинга, так и задач по масштабному развитию магистральной сетевой инфраструктуры для вывода «запертых мощностей» и обеспечения надежного энергоснабжения региона. Очевидно, что такие темпы роста потребления вызывают необходимость значительных инвестиций в энергетическую инфраструктуру региона. В противном

случае возможен дефицит мощностей, особенно в пиковые периоды нагрузки.

Кроме того, выполненный анализ мероприятий показал, что ДФТ, включая введение четвертой дополнительной категории, могут стимулировать майнеров к легализации и оптимизации потребления (Стенников, Головщиков, 2022). Если майнеры перейдут на специальный тариф (например, 5 р./кВт·ч), их расходы увеличатся, но это будет стимулировать их к участию в управлении спросом. Ожидаемое снижение нагрузки за счет управления спросом составит примерно 78 МВт, что эквивалентно экономическому эффекту в размере 3,4 млрд р. в год (Окладников и др., 2023). Рост потребления майнерами к 2029 и 2038 гг. составит порядка 542 МВт. При существующем тарифе для майнеров 4,9 р./кВт·ч (третья категория потребителей) годовой доход энергокомпаний от этой категории потребителей может составить ориентировочно 23,2 млрд р. Также одной из предлагаемых оригинальных мер является стимулирование майнеров на перемещение на север региона, где имеются избыточные мощности, что позволит снизить нагрузку на ЭЭС в южных районах и избежать и / или отложить необходимость строительства новых объектов генерации.

Для комплексной оценки воздействия бизнес-майнинга на экономику ИО в статье было использовано анализ мультипликативного эффекта (Guegga & Ferran, 2014). На основе данных о налоговых поступлениях и межотраслевых связях может быть рассчитан эффективный региональный мультипликатор (Исаев, 2022) для оценки

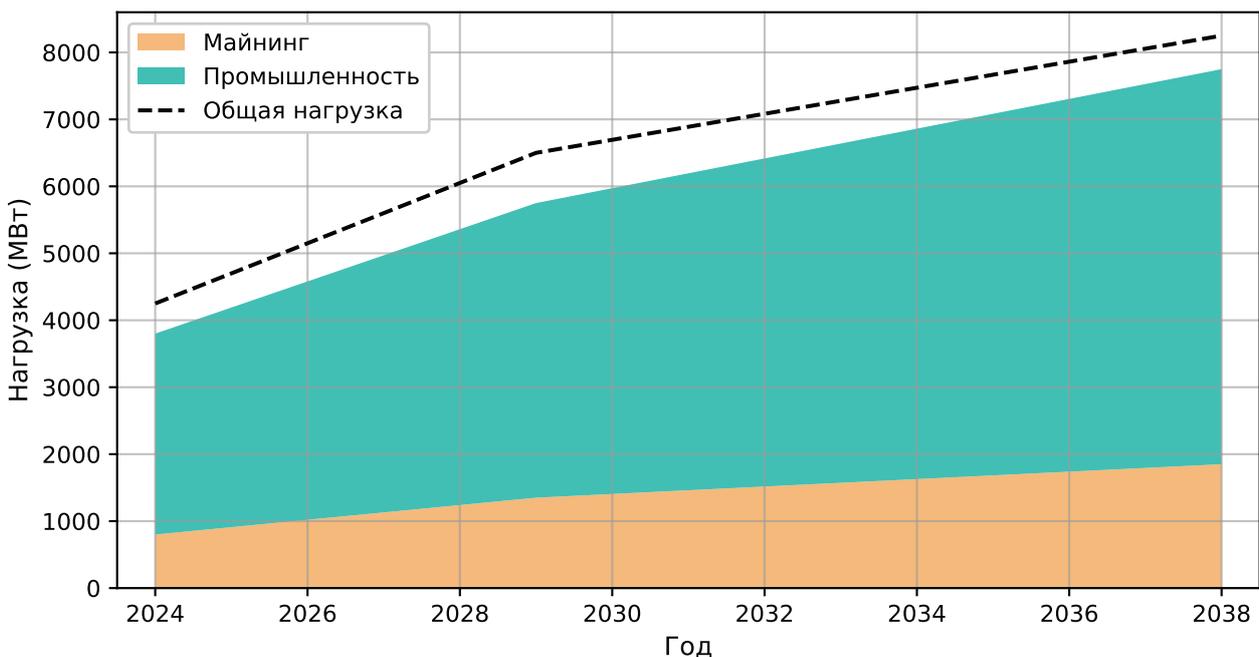


Рис. 2. Экстраполяция прироста электропотребления в ИО по категориям «промышленность» и «майнинг» на период 2024–2038 гг. (источник: использованы данные из (Стенников и др., 2024))

Fig. 2. Projected growth in electricity demand in Irkutsk Oblast for the categories “industry” and “mining,” 2024–2038. (Source: Stennikov et al., 2024)

воздействия майнинговой деятельности на наблюдаемый ВРП:

$$K = \frac{1}{1 - MPC \cdot (1 - t) + m}, \quad (1)$$

где MPC — предельная склонность к потреблению в регионе; t — налоговая ставка на прибыль майнинговых компаний; m — предельная склонность к импорту оборудования / услуг.

При расчёте мультипликативного эффекта учитываются: 1) прямые доходы энергокомпаний от майнинга; 2) косвенные воздействия через смежные отрасли; 3) индуцированные эффекты, связанные с дополнительным потреблением домохозяйств и бизнеса. На основании агрегированных данных нескольких энергокомпаний Иркутской области и межотраслевых таблиц были приняты параметры $MPC = 0,6$, $t = 0,2$ и $m = 0,3$. В этих условиях эффективный мультипликатор составляет $K \approx 1,22$, что означает: каждый рубль локализованных автономных расходов майнинговой деятельности (прежде всего, оплата электроэнергии и региональных услуг) в наблюдаемых хозяйственных потоках ведёт к приросту ВРП порядка 1,22 р. В фискально-непрозрачном («сером») режиме, при котором оплата ресурсов может происходить, но часть доходов и добавленной стоимости не регистрируется в официальной статистике, наблюдаемый мультипликатор снижается до $K \approx 0,7$ вследствие утечки капитала и импортной составляющей оборудования. В незаконных схемах безучётного потребления («чёрный» майнинг) прирост ВРП может быть нулевым или отрицательным из-за прямого ущерба энергетике.

Важно разграничивать теоретическое значение регионального мультипликатора, рассчитываемое как $\mu_r = 1/[1 - c(1 - m_c)]$, при $c = 0,8$ и $m_c = 0,3$ ($\mu_r \approx 2,3$) и эффективный расчетный коэффициент K , учитывающий налоги, утечки инвестиций и неполную фискальную регистрацию. Последний отражает реальный наблюдаемый эффект на ВРП текущей структуры Иркутской области. Снижение m до 0,2 (повышение локализации оборудования) увеличивает K до $\approx 1,33$, что следует учитывать в промышленной политике региона.

Таким образом, проведенный анализ позволяет выделить «серый» майнинг не просто как проблему энергопотребления, а как комплексный вызов безопасности и устойчивому развитию региона, проявляющийся в трех ключевых аспектах:

1. Угрозы энергетической и пожарной безопасности. «Серый» майнинг создает неучтенную и неконтролируемую нагрузку на сети, что в условиях их высокой изношенности приводит к аварийным отключениям, нарушая надежность энергоснабжения легальных потре-

бителей. Локализация ферм в жилом секторе, с нарушением норм эксплуатации электрооборудования, является прямой причиной возгораний, что подтверждается случаями в Шелеховском, Нижнеудинском районах и с. Максимовщина, приведшими к человеческим жертвам и имущественному ущербу.

2. Экономические и фискальные риски. Основной экономической ущерб заключается в создании недобросовестной конкуренции и сокрытии доходов. «Серые» майнеры используют субсидируемые тарифы, предназначенные для населения, что приводит к прямым финансовым потерям энергокомпаний и перекладыванию части их затрат на добросовестных потребителей. Как показали расчеты, мультипликативный эффект от «серого» сектора снижается до 0,7, а ежегодные недополученные налоговые поступления оцениваются в сотни миллионов рублей, что подрывает бюджетную базу региона.

3. Социальные и экологические последствия. Деятельность «серых» майнеров напрямую ухудшает качество жизни населения, вызывая шум, вибрации и тепловое загрязнение в жилых зонах. Косвенным экологическим риском является стимулирование энергоёмкой деятельности без инвестиций в «зеленую» генерацию, что увеличивает углеродный след региона. Кроме того, возникающие конфликты внутри сообществ (садовых товариществ, гаражных кооперативов) из-за завышенных счетов за электроэнергию ведут к росту социальной напряженности.

Таким образом, рост майнинга в ИО создает как возможности, так и вызовы для энергетики и экономики региона. С одной стороны, майнинг способствует увеличению доходов энергокомпаний и развитию экономики. С другой стороны, «серый» майнинг создает значительную нагрузку на сети и требует принятия мер для его легализации или ограничения.

Дискуссия

Анализ уже выполняемых и дополнительно предлагаемых мероприятий показывает, что основным необходимым условием позитивного урегулирования ситуации с любым видом майнинга является стимулирование к регистрации деятельности, после чего становятся эффективными меры экономического воздействия, когда новые предприниматели вынуждены соотносить инвестиции и доходы, с учетом штрафов и расходов на отключение от источника электрооборудования. При этом взаимоотношения между официальными органами власти и представителями официального и неофициального майнинга необходимо организовывать по-разному, на основе индивидуального подхода.

Майнинг теперь приравнен к предпринимательской деятельности и может приносить дополнительные доходы региону размещения или регистрации при условии оплаты налогов и потребленной электроэнергии по коммерческому тарифу. Поэтому тотальный его запрет, на наш взгляд, нерентабелен. Практика показала, что промышленные майнеры в основном законопослушны и даже претендуют на «звание» коммерческих предприятий. Однако домашние и, в основном, «серые» майнеры, не зарегистрировавшие деятельность, неподконтрольны и незаконнопослушны. Они располагают оборудованием в непредназначенных местах, обуславливая многочисленные проблемы: шум, вибрации, повышенную тепло- и пожароопасность от оборудования, перебои в электроснабжении, а также мошеннические действия при оплате за электроэнергию, которые бременем ложатся на посторонних людей.

К настоящему времени уже известен и подвергается анализу основной способ обнаружения незаконных майнеров: выполнение рейдов со стороны энергетиков с целью определения уровня и характера потребления в данной местности по каждому потребителю. Внезапно и «необъяснимо» повышенный в 3–4 раза уровень электропотребления является первым признаком майнинг-фермы. Вторым признаком является «ровный» нагрузочный график в любое время суток и любой день недели. Дополнительным вынужденным условием выявления незаконного БМ является организация работы колл-центров для связи с населением, с опубликованием соответствующих номеров телефонов.

Еще одной полезной для любой региональной ЭЭС мерой (которая отчасти уже используется в ИО) может явиться стимуляция майнеров к «работе» активными потребителями, что подразумевает регулирование своего графика потребления в соответствии с потребностями графика остальной нагрузки данного энергоузла посредством заполнения ночных, обеденных и праздничных «провалов», при ограничении или прекращении потребления в часы максимума нагрузки. Другой оригинальной и, возможно, кардинальной мерой для решения вопроса с майнингом является организация микрогридов и энергетических сообществ, работающих параллельно с внешними «официальными ЭЭС», где основной нагрузкой будут являться майнинг-фермы, а источниками генерации — ВИЭ.

Заключение

Проведённое исследование позволяет сделать вывод, что развитие бизнес-майнинга в ИО представляет собой сложный и многогранный процесс, который, с одной стороны, способствует

экономическому росту региона, а с другой — создаёт значительные вызовы для энергетической инфраструктуры. Основным драйвером роста потребления электроэнергии в регионе является майнинг, причём как легальный, так и неофициальный. Основным условием устойчивого развития майнинга в регионе является его официальная регистрация, которая позволяет применять меры экономического воздействия, стимулирующие майнеров к оптимизации потребления электроэнергии.

Результаты экономического анализа свидетельствуют о комплексном характере воздействия майнинговой деятельности на экономику Иркутской области. Показано, что снижение нагрузки на энергосистему за счёт уменьшения доли неофициального майнинга способно обеспечить совокупный экономический эффект в размере нескольких миллиардов рублей в год. При этом дополнительные доходы энергокомпаний, оцениваемые в ~8,4 млрд р./год, могут быть получены за счёт легального сегмента отрасли. Проведённые расчёты подтвердили гипотезу о наличии положительного, но умеренного мультипликативного эффекта: каждый рубль локализованных автономных расходов в легальном майнинговом секторе обеспечивает прирост наблюдаемого ВРП региона приблизительно на 1,22 р. Этот эффективный региональный мультипликатор отражает реальное перераспределение доходов в смежных отраслях и ограничен масштаб фактически локализованных финансовых потоков.

При этом выявлена отчётливая зависимость между масштабами майнинга и тарифной нагрузкой на население. Наибольшие риски сохраняются в фискально непрозрачном («сером») сегменте, который, помимо избыточной нагрузки на сети, приводит к недополучению налоговых поступлений и снижению эффективности отрасли; объём недоучтённого фискального эффекта оценивается до 300 млн р. ежегодно. В условиях полностью незаконного майнинга возможен и отрицательный результат из-за прямого ущерба энергетике.

Таким образом, развитие майнинга в ИО, несмотря на его сложности, открывает значительные возможности для экономического роста и технологического развития региона. Внедрение предложенных мер регулирования позволит не только снизить нагрузку на ЭЭС, но и стимулировать развитие новых технологий, увеличить доходы региона и обеспечить устойчивое развитие энергетической инфраструктуры. Майнинг в ИО может стать не только драйвером экономического роста, но и примером успешного регулирования сложной и энергоёмкой отрасли в условиях современных вызовов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Альберти, П. А., Ужанов, А. Е. (2024). Коммуникационная модель интеграции блокчейн-технологии с российской энергетикой. *Надежность и безопасность энергетики*, 17(4), 306–312. <https://doi.org/10.24223/1999-5555-2024-17-4-306-312>
- Антипин, Д. А., Соколик, Д. Е., Гуляев, В. В. (2023). Развитие региональных центров криптодобычи в РФ на примере Иркутской области. *Экономика и предпринимательство*, (10(159)), 393–396. <https://doi.org/10.34925/EIP.2023.159.10.078>
- Архипова, З. В., Сорокин, А. В., Шашков, С. В. (2024). Концепция системы поддержки принятия решений по выявлению серого майнинга. *System Analysis and Mathematical Modeling*, 6(4), 401–413. [https://doi.org/10.17150/2713-1734.2024.6\(4\).401-413](https://doi.org/10.17150/2713-1734.2024.6(4).401-413)
- Варфоломеев, А. А., Бабин, Р. Н. (2022). Экологические преимущества и недостатки майнинга криптовалюты в г. Братске. В *Перспективы развития науки в современном мире*. Сборник научных статей по материалам X Международной научно-практической конференции (Т. 3, с. 225–231). Уфа.
- Выборова, Я. Е. (2024). Майнинг цифровой валюты в рамках бытового потребления электроэнергии: признаки, особенности доказывания. *Юридическая наука*, (11), 157–162.
- Демидов, Н. А. (2022). Применение вычислительных систем с иммерсионным охлаждением в качестве дополнительного источника тепла. В *Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки*. Сборник статей CXIV международной научно-практической конференции (Т. 6 (113), с. 134–141). Новосибирск.
- Деревцова, И. В., Грязнов, А. Н., Семенцов, К. В., Чалов, Е. Е. (2022). Майнинг как угроза обеспечения экономической безопасности Иркутской области. *Baikal Research Journal*, 13(2), 29–39. [https://doi.org/10.17150/2411-6262.2022.13\(2\).29](https://doi.org/10.17150/2411-6262.2022.13(2).29)
- Жилкина, Ю. В. (2023). Аспекты осуществления майнинга в России. *Энергетик*, (8), 20–24. <https://doi.org/10.34831/EIP.2023.79.74.004>
- Жилкина, Ю. В. (2024). Регулирование криптовалют и майнинг-деятельности в России. *Энергетик*, (9), 18–22. <https://doi.org/10.71527/EIP.EN.2024.09.003>
- Исаев, А. Г. (2022). *Экономический рост российских регионов: экзогенные и эндогенные источники*. Институт экономических исследований Дальневосточного отделения Российской академии наук. Хабаровск: ИЭИ ДВО РАН, 208.
- Калюжнова, Н. Я. (2023). Институциональная ловушка в электроэнергетике — нарратив Иркутской области. *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент*, (4), 23–33. <https://doi.org/10.17586/2310-1172-2023-16-4-23-33>
- Лекомцева, С. А. (2019). Алгоритм оценки эффективности криптовалютных операций в цифровой экономике. *Master's Journal*, (1), 150–160.
- Михайлов, А. Ю., Рунец, И. А. (2023). Вклад промышленного майнинга в развитие российской экономики: энергетическая отрасль. *Инновации и инвестиции*, (10), 542–546.
- Окладников, К. К., Сомсиков, Р. Н., Шашкевич, Е. В. (2023). Майнинг-деятельность в ценозависимом управлении электропотреблением. В *Повышение эффективности производства и использования энергии в условиях Сибири*. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Т. 1, с. 320–324). Иркутск.
- Самохин, В. И., Самохин, Д. В., Бабкин, Е. Е., Петров, И. М. (2019). Актуальность вопросов энергосбережения на майнинг-фермах. *Силовое и энергетическое оборудование. Автономные системы*, 2(2), 102–110. <https://doi.org/10.32464/2618-8716-2019-2-2-102-110>
- Санеев, Б. Г., Соколов, А. Д., Музычук, С. Ю., Музычук, Р. И. (2014). Использование конкурентных преимуществ Иркутской области для повышения энергоэффективности экономики. *Региональная экономика: теория и практика*, (18(345)), 26–39.
- Стенников, В., Головщиков, В. (2022). Энергетика Иркутской области: тенденции, вызовы и угрозы в современных условиях. *Энергетическая политика*, (12(178)), 56–71. https://doi.org/10.46920/2409-5516.2022_12178.56
- Стенников, В., Головщиков, В., Осак, А. (2023). Проблемы и перспективы развития электроэнергетики в восточных регионах России. *Энергетическая политика*, (6(184)), 20–37.
- Стенников, В. А., Головщиков, В. О., Пеньковский, А. В., Осак, А. Б. (2024). Проблемы спроса на электроэнергию в сибирском регионе и пути их решения (на примере Иркутской области). *Энергетик*, (5), 4–8. <https://doi.org/10.34831/EIP.2024.74.81.001>
- Тебиев, Р. Р. (2024). Осмотр места происшествия по уголовным делам о преступлениях, связанных с деятельностью майнинг-ферм. *Право и государство: теория и практика*, (5(233)), 461–465. https://doi.org/10.47643/1815-1337_2024_5_461
- Томин, Н. В., Курбацкий, В. Г., Борисов, В. А., Музалев, С. П. (2021). Активное управление электрической сетью на базе концепции цифрового двойника. *Энергия единой сети*, (2(57)), 42–57.
- Черешня, О. Ю. (2021). Экологическая нагрузка от использования технологии блокчейн и майнинга криптовалют в России. *ИнтерКарто. ИнтерГИС*, 27(1), 238–248. <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2021-1-27-238-248>

Guerra, A.-I., & Ferran, S. (2014) An operational, nonlinear input–output system. *Economic Modelling*, 41, 99–108. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2014.04.027>

Okorie, D. I., Gnatchiglo, J. M., & Wesseh, P. K. (2024). Electricity and cryptocurrency mining: An empirical contribution. *Heliyon*, 10(13), e33483. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e33483>

Parrado-Duque, A., Dube, Y., Charrel, S., Gaden, C., Henao, N., Agbossou, K., & Guibault, Y. (2023). Potential for waste heat recovery in a digital currency mining facility: A building infrastructure case study. *IEEE 64th RTUCON*, 1–7. <https://doi.org/10.1109/RTUCON60080.2023.10413188>

Riegg Cellini, S. & Edwin Kee, J. (2015). Cost-effectiveness and cost-benefit analysis. In *Handbook of practical program evaluation* (4th ed., pp. 223–256). Jossey-Bass.

References

Alberti, P. A., & Uzhanov, A. E. (2024). Communication Model for Integrating Blockchain-Technology with Russian Energy Sector. *Nadezhnost i Bezopasnost Energetiki [Safety & Reliability of Power Industry]*, 17(4), 306–312. <https://doi.org/10.24223/1999-5555-2024-17-4-306-312> (In Russ.)

Antipin, D. A., Sokolik, D. E., & Gulyaev, V. V. (2023). Development of Regional Centers of Crypto Mining in the Russian Federation on the Example of the Irkutsk Region. *Ekonomika i Predprinimatelstvo [Journal of Economy and Entrepreneurship]*, 10(159), 393–396. <https://doi.org/10.34925/EIP.2023.159.10.078>. (In Russ.)

Arhipova, Z. V., Sorokin, A. V., & Shashkov, S. V. (2024). The Concept of a Decision Support System for Detecting Gray Mining. *System Analysis and Mathematical Modeling*, 6(4), 401–413. [https://doi.org/10.17150/2713-1734.2024.6\(4\).401-413](https://doi.org/10.17150/2713-1734.2024.6(4).401-413) (In Russ.)

Chereshnia, O. Yu. (2021). Environmental Load From Use of Blockchain Technology and Cryptocurrency Mining in Russia. *InterKarto. InterGIS [InterKarto. InterGIS]*, 27(1), 238–248. <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2021-1-27-238-248> (In Russ.)

Demidov, N. A. (2022). Application of Computational Systems with Immersion Cooling as an Additional Heat Source]. In *Sbornik statei CXIV Mezhdunarodnoi NauchnoPrakticheskoi Konferentsii [Proceedings of the 114th International Scientific and Practical Conference]* (Vol. 6 (113), pp. 134–141). Novosibirsk, Russia.

Derevtsova, I. V., Gryaznov, A. N., Sementsov, K. V., & Chalov, E. E. (2022). Mining as a Threat to Ensure the Economic Security of the Irkutsk Region. *Baikal Research Journal*, 13(2), 29–39. [https://doi.org/10.17150/2411-6262.2022.13\(2\).29](https://doi.org/10.17150/2411-6262.2022.13(2).29) (In Russ.)

Guerra, A.-I. & Ferran, S. (2014) An operational, nonlinear input–output system. *Economic Modelling*. 41, 99–108. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2014.04.027>

Isaev, A. G. (2022). *Ekonomicheskii Rost Rossiiskikh Regionov: Ekzogennye i Endogennye Istochniki [Economic Growth of Russian Regions: Exogenous and Endogenous Sources]*. Khabarovsk: Institute of Economic Research, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences (ERI FEB RAS), 208. (In Russ.)

Kalyuzhnova, N. Ya. (2023). Institutional Trap in the Electric Power Industry - Narrative of the Irkutsk Region. *Nauchny Zhurnal NIU ITMO. Seriya: Ekonomika i Ekologicheskii Menedzhment [Scientific Journal NRU ITMO. Series "Economics and Environmental Management"]*, (4), 23–33. <https://doi.org/10.17586/2310-1172-2023-16-4-23-33> (In Russ.)

Lekomtseva, S. A. (2019). Algorithm for Evaluating the Effectiveness of Cryptocurrency Operations in Cypher Economy. *Master's Journal*, (1), 150–160. (In Russ.)

Mikhaylov, A. Yu., & Runets, I. A. (2023). Contribution of Industrial Crypto Mining to the Russian Economic Development: Energy Industry. *Innovatsii i Investitsii [Innovation & Investment]*, (10), 542–546. (In Russ.)

Okladnikov, K. K., Somsikov, R. N., & Stashkevich, E. V. (2023). Mining Activity in Price-Dependent Electricity Consumption Management. In *Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation* (Vol. 1, pp. 320–324). Irkutsk. (In Russ.)

Okorie, D. I., Gnatchiglo, J. M., & Wesseh, P. K. (2024). Electricity and Cryptocurrency Mining: An Empirical Contribution. *Heliyon*, 10(13), e33483. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e33483>

Parrado-Duque, A., Dube, Y., Charrel, S., Gaden, C., Henao, N., Agbossou, K., & Guibault, Y. (2023). Potential for Waste Heat Recovery in a Digital Currency Mining Facility: A Building Infrastructure Case Study. *IEEE 64th RTUCON*, 1–7. <https://doi.org/10.1109/RTUCON60080.2023.10413188>

Riegg Cellini, S. & Edwin Kee, J. (2015). Cost-Effectiveness and Cost-Benefit Analysis. In *Handbook of Practical Program Evaluation* (4th ed., pp. 223–256). Jossey-Bass.

Samokhin, V. I., Samokhin, D. V., Babkin, E. E., & Petrov, I. M. (2019). Relevance of Power Saving at Mining Farms. *Avtonomnye Sistemy [Power and Autonomous Equipment]*, 2(2), 102–110. <https://doi.org/10.32464/2618-8716-2019-2-2-102-110> (In Russ.)

Saneev, B. G., Sokolov, A. D., Muzychuk, S. Yu., & Muzychuk, R. I. (2014). Using the Competitive Advantages of the Irkutsk Region to Improve the Energy Efficiency of the Economy. *Regionalnaya Ekonomika: Teoriya i Praktika [Regional Economics: Theory and Practice]*, (18(345)), 26–39. (In Russ.)

Stennikov, V., & Golyshchikov, V. (2022). Energy Industry of the Irkutsk Region: Trends, Challenges, and Threats in the Current Context. *Energeticheskaya Politika [Energy Policy]*, (12(178)), 56–71. https://doi.org/10.46920/2409-5516.2022_12178.56

Stennikov, V., Golyshchikov, V., & Osak, A. (2023). Problems and Prospects for the Development of Electric Power Industry in the Eastern Regions of Russia. *Energeticheskaya Politika [Energy Policy]*, (6(184)), 20–37.

Stennikov, V. A., Golovshchikov, V. O., Penkovsky, A. V. & Osak, A. B. (2024). Electricity Demand Problems in the Siberian Region and Potential Solutions (with a Focus on the Irkutsk Region). *Energetik [Energy]*, (5), 4–8. <https://doi.org/10.34831/EP.2024.74.81.001> (In Russ.)

Tebiev, R. R. (2024). Inspection of the Scene of the Incident in Criminal Cases of Crimes Related to the Activities of Mining Farms. *Pravo i Gosudarstvo: Teoriia i Praktika [Law and State: The Theory and Practice]*, (5(233)), 461–465. https://doi.org/10.47643/1815-1337_2024_5_461 (In Russ.)

Tomin, N. V., Kurbatsky, V. G., Borisov, V. A., & Muzalev, S. P. (2021). Active Electrical Grid Management Using the Digital Twin Concept. *Energiya Edinoi Seti [Energy of Unified Grid]*, (2(57)), 42–57.

Varfolomeev, A. A., & Babin, R. N. (2022). Ecological Advantages and Disadvantages of Cryptocurrency Mining in Bratsk]. In *Sbornik Nauchnykh Statei po Materialam X Mezhdunarodnoi Nauchno-Prakticheskoi Konferentsii [Proceedings of the X International Scientific and Practical Conference]* (Vol. 3, pp. 225–231). Ufa.

Vyborova, Ya. E. (2024). Mining of Digital Currency within the Framework of Household Electricity Consumption: Signs, Features of Proof. *Yuridicheskaya Nauka [Legal Science]*, (11), 157–162. (In Russ.)

Zhilkina, Yu. V. (2023). Mining Aspects in Russia. *Energetik [Energy]*, (8), 20–24. <https://doi.org/10.34831/EP.2023.79.74.004> (In Russ.)

Zhilkina, Yu. V. (2024). Regulation of Cryptocurrencies and Mining Activities in Russia. *Energetik [Energy]*, (9), 18–22. <https://doi.org/10.71527/EP.EN.2024.09.003>. (In Russ.)

Информация об авторах

Попова Екатерина Валерьевна — кандидат технических наук, младший научный сотрудник, Институт систем энергетики им Л. А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук; Scopus Author ID: 58025005800; <https://orcid.org/0009-0001-3971-6968> (Российская Федерация, 6644033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 130; e-mail: elen@isem.irk.ru).

Томин Никита Викторович — кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Институт систем энергетики им Л. А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук; Scopus Author ID: 35331150700; <https://orcid.org/0000-0001-5898-9649> (Российская Федерация, 6644033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 130; e-mail: tomin.nv@gmail.com).

About the authors

Ekaterina V. Popova — Dr. Sci. (Eng.), Junior Research Fellow, Melentiev Energy Systems Institute of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences; Scopus Author ID: 58025005800; <https://orcid.org/0009-0001-3971-6968> (130, Lermontov St., Irkutsk, Russian Federation; e-mail: elen@isem.irk.ru).

Nikita V. Tomin — Dr. Sci. (Eng.), Senior Research Fellow, Head of Electric Power Systems Operation and Control Lab, Melentiev Energy Systems Institute of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences; Scopus Author ID: 35331150700; <https://orcid.org/0000-0001-5898-9649> (130, Lermontov St., Irkutsk, Russian Federation; e-mail: tomin.nv@gmail.com).

Использование средств ИИ

Авторы заявляют о том, что при написании этой статьи не применялись средства генеративного искусственного интеллекта.

Use of AI tools declaration

All authors declare that they have not used Artificial Intelligence (AI) tools for the creation of this article.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The authors declare no conflicts of interest.

Дата поступления рукописи: 03.05.2025.

Прошла рецензирование: 25.09.2025.

Принято решение о публикации: 25.12.2025.

Received: 03 May 2025.

Reviewed: 25 Sep 2025.

Accepted: 25 Dec 2025.