

УДК 338.49

10.17213/2075-2067-2020-1-37-42

МОДЕЛЬ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ТЕРРИТОРИЙ (НА ПРИМЕРЕ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ)¹

© 2020 г. **В. В. Каргинова-Губинова***, **А. П. Щербак***,
С. В. Тишков*, **А. А. Пахомова****

**Институт экономики Карельского научного центра РАН, г. Петрозаводск
**Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ),
г. Новочеркасск*

Обеспечение надежного энергоснабжения по конкурентоспособной цене возможно за счет использования технологий распределительных реестров. Цель данной работы — создание модели децентрализованного энергоснабжения на базе технологий распределительных реестров для Арктической зоны Российской Федерации. С учетом проанализированных особенностей технологий и существующих проектов использования блокчейн в энергетике предложена модель децентрализованного энергоснабжения Арктики, показаны ее преимущества и необходимые институциональные изменения для воплощения на практике.

Ключевые слова: блокчейн; DAG; энергетика; энергетическая система; возобновляемые источники энергии.

Ensuring reliable energy supply at a competitive price is possible through the use of distribution register technologies. The objective of this work is to create a decentralized energy supply model based on distribution register technologies for the Arctic zone of the Russian Federation. Taking into account the analyzed features of technologies and existing projects on the use of blockchain in the energy sector, a decentralized energy supply model for the Arctic is proposed, its advantages and the necessary institutional changes for practical implementation are shown.

Key words: blockchain; DAG; energy; energy system; renewable energy sources.

Российская система энергоснабжения характеризуется крайне высокой степенью централизации. На рынке функционируют несколько крупных компаний, имеющих налаженные связи. Переход к децентрализованным моделям на базе распределительных сетей способен открыть рынок для новых акторов, повысить конкуренцию и, как следствие, эффективность системы.

Особенно же перспективным выглядит использование распределительных реестров на периферийных территориях, снабжение электроэнергией которых экономически це-

лесообразно преимущественно переложить на малую генерацию и возобновляемые источники энергии [2], а также в местах, где отсутствует централизованная сеть электро-снабжения. В данном случае в первую очередь стоит говорить о территориях Арктической зоны Российской Федерации, для которых характерны неравномерное заселение населением и стратегическое создание опорных зон [4].

Целью данной работы стало создание модели децентрализованного энергоснабжения на базе технологий распределительных реес-

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №20-310-70005.

тров для Арктической зоны Российской Федерации. Основой являлись публикации отечественных и зарубежных исследователей, среди них особо стоит отметить К.В. Миرونю, А.В. Силина, Е.О. Солдусову, Б. Фридриха, М. Андони, Р. Читчян и Ю. Сюй.

Многие полагают, что распределительные реестры могут использоваться лишь в финансовой сфере. В действительности же в некоторых случаях целесообразно их применение и в ряде других сфер [5], в частности, на рынке электроэнергии [11]. С помощью распределительных сетей можно управлять режимом энергоснабжения и организовать коммерческий учет в электроэнергетике [6].

Создание энергетических распределительных сетей возможно при использовании двух технологий: блокчейн и DAG. Блокчейн появился раньше [3], в 2009 году он стал основой криптовалюты биткойн [5]. Данная технология предполагает наличие ссылки каждого блока реестра на предыдущий. В DAG блоки ссылаются на любые другие блоки реестра, вне зависимости от их расположения. Несмотря на то, что принцип работы DAG больше подходит для энергетики, распространение в ней получил блокчейн [3].

Впервые блокчейн в энергетической сети нашел применение в апреле 2016 года, когда компании LO3 Energy и ConsenSys создали микросеть Бруклина для продажи энергии собственниками солнечных батарей своим соседям по дому или жителям близлежащих домов [5]. Другим примером является бельгийская система Scaneergy. Ее участники отдают избыточную энергию в сеть и взамен получают определенную сумму во внутренней валюте NRGcoin. В случае нехватки энергии можно купить недостающий объем и оплатить его накопленной внутренней валютой. Цены продажи и покупки энергии совпадают [2].

На основе авторского анализа 26 проектов, ориентированных на децентрализованную торговлю энергией в 16 странах, было определено, что наиболее часто подобные проекты создаются на платформе Ethereum и предполагают использование алгоритма достижения консенсуса Proof of Work. Доля подобных проектов среди всех рассматриваемых составила 53,85% (рассчитано на основании [8]).

На базе исследования особенностей технологии блокчейн и существующих примеров ее использования в энергетике авторами создана модель энергетической децентрализованной сети в Арктической зоне Российской Федерации. Данная модель предполагает в качестве основных узлов схемы энергоснабжения потребителей, часть или все из которых являются и производителями электроэнергии на основе местных и возобновляемых источников энергии (торф, биогаз, гидроресурсы, солнце, ветер и т.д.; их эффективность показана в статье [10]). В случае, если владелец электростанции вырабатывает энергии больше собственных нужд, то он может продать избыточную электроэнергию прочим потребителям. В то же время, если производителю самому не хватает энергии, недостающий объем возможно купить у других владельцев генерирующего оборудования. Транзакции осуществляются на основе «умных контрактов» и подтверждаются с помощью цепочек блоков. Оплата потребленной энергии производится в соответствии с данными интеллектуального учета по цене, установленной продавцом, в рублях. При этом в случае наличия на территории централизованного энергоснабжения все потребители сохраняют доступ к нему. Каждая из сетей может охватывать как целый населенный пункт (например, удаленный поселок), так и отдельную его часть (несколько домов и т.д.).

Одной из главных особенностей построенной модели является планируемое государственное субсидирование процентных ставок по кредитам на приобретение и установку оборудования для производства электроэнергии: чем ниже цена, назначаемая владельцем генерирующего оборудования для конечных потребителей, тем больше предоставляется субсидия, рассчитываемая в процентных пунктах от первоначальной суммы кредита. Отчеты о ценах и объемах продаж по каждому собственнику объектов генерации автоматически формируются и отправляются в банк, предоставивший кредит.

Также модель направлена на недопущение роста задолженности за потребленную электроэнергию. Высокая дебиторская задолженность энергосбытовых компаний из-за несвоевременной оплаты со стороны конечных потребителей электроэнергии является

серьезной проблемой для всей энергетической системы. В то же время техническое отключение ряда потребителей в силу законодательных или физических ограничений иногда невозможно. С помощью рассматриваемых технологий в рамках децентрализованной системы можно запретить осуществлять транзакции, что не позволит потребителю использовать электроэнергию. При этом для повышения общей эффективности энергетической сети при наличии централизованного энергообеспечения территории предполагается интеграция с базами энергосбытовых компаний с целью получения сведений о должниках по оплате энергии в централизованной сети и отключении их от источников в децентрализованной. Тем самым потребитель, имеющий задолженность, не сможет перейти исключительно на покупку энергии в децентрализованной сети и не оплачивать долги в централизованной.

К преимуществам данной модели по сравнению с централизованной сетью энергоснабжения Арктической зоны можно отнести:

1) увеличение скорости транзакций [7] и снижение стоимости электроэнергии за счет отказа от посредников;

2) повышение прозрачности сделок (и производители, и потребители получают дополнительные возможности контроля друг друга) [1];

3) обеспечение информационной безопасности благодаря децентрализованному хранению данных и, соответственно, невозможности их одностороннего изменения [5];

4) снижение барьеров входа на энергетический рынок и, соответственно, расширение числа производителей электроэнергии, рост конкуренции между ними, повышение качества энергоснабжения и снижение цены [9];

5) надежность энергоснабжения, поскольку наравне с доступом к электроэнергии из централизованной сети возникает возможность использования энергии микросети, что нивелирует риск отключения от электричества в случае неисправности централизованного энергоснабжения [5];

6) возможность эффективного энергоснабжения удаленных малонаселенных территорий, где построение централизованной сети экономически неоправданно и единственными доступными источниками энергии являются возобновляемые;

7) наличие субсидий для производителей энергии, что увеличит их число и на первом этапе позволит продавать электроэнергию по конкурентоспособной цене;

8) эффективный метод недопущения роста задолженности за потребляемую энергию.

Однако у данной модели есть и ряд недостатков, а именно:

— на практике воплощение осложняется отсутствием четкого юридического статуса технологий блокчейн [1] и DAG;

— использование технологий также затрудняется слабой оснащенностью потребителей требуемыми устройствами («умный счетчик», специальные приложения смартфонов и т.д.) [1]. В то же время отметим, что в качестве альтернативы «умным счетчикам» для хранения и расчета необходимых данных о потреблении могут использоваться специальные подтверждающие элементы сети [3].

Оценим экономическую окупаемость системы децентрализованного распределения энергии на примере использования технологии блокчейн. Рассмотрим схему электроснабжения 0,4 кВ, включающую 20 основных узлов (дома с солнечными электростанциями и аккумуляторными батареями) с активной нагрузкой в 5 кВт и коэффициентом мощности 0,95, а также один балансирующий узел (вторичная обмотка трансформатора 6(10)/0,4 кВ или дизель-генераторная установка). Для солнечных электростанций с установленной мощностью 0,8 и 2,4 кВт, вырабатывающих электроэнергию 12 часов в сутки, срок окупаемости стоимости электростанций и АСКУЭ составит, соответственно, 8 и 5,1 лет. Поскольку срок эксплуатации оборудования существенно больше, можно сделать вывод об экономической эффективности технологии блокчейн в микросетях [6].

Таким образом, разработанная модель децентрализованной сети энергоснабжения Арктической зоны предназначена для обеспечения потребителей данной территории стабильной электроэнергией по конкурентной цене. Модель может быть использована и для энергоснабжения прочих удаленных территорий. В то же время стоит отметить, что для ее успешного применения необходимо законодательно закрепить юридический статус технологий распределительных реестров: блокчейн и DAG.

Литература

1. Гершевич А. С. Блокчейн в электроэнергетике: умные сделки купли-продажи энергии / А. С. Гершевич // Экономические и социальные аспекты развития энергетики. Энергия-2019. Четырнадцатая международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых, г. Иваново, 2–4 апреля 2019 г. — Иваново: Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина, 2019. — С. 48.
2. Глухова М. И. Технология блокчейн в энергетике / М. И. Глухова // Энергия-2018. Тринадцатая международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых, г. Иваново, 3–5 апреля 2018 г. — Иваново: Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина, 2018. — С. 44.
3. Миронов К. В. О применении систем распределенного реестра в энергетике / К. В. Миронов, С. В. Тришин, А. Р. Махмутов, В. М. Картак // Информационные технологии и системы: труды Седьмой Международной научной конференции, Ханты-Мансийск, Россия, 12–16 марта 2019 г. — Ханты-Мансийск: Автономное учреждение Ханты-Мансийского автономного округа — Югры «Югорский научно-исследовательский институт информационных технологий», 2019. — С. 107–111.
4. Нефедова Л. В. Новые вызовы и риски на пути развития распределенной энергогенерации в Арктическом регионе России / Л. В. Нефедова, А. А. Соловьев // Энергетическая политика. — 2018. — №4. — С. 99–108.
5. Силин А. В. Использование технологии распределенных реестров (блокчейн) в электроэнергетике / А. В. Силин, А. Ю. Кошляков, Д. А. Акимов // Энергия единой сети. — 2018. — №5 (41). — С. 48–54.
6. Солдусова Е. О. Алгоритм управления электрическим режимом изолированной микросети / Е. О. Солдусова, А. В. Проничев, Е. М. Шишков // Электроэнергетика глазами молодежи: материалы VIII Международной научно-технической конференции, 2–6 октября 2017, Самара. В 3 т. — Самара: Самарский государственный технический университет, 2017. — Т. 3. — С. 110–111.
7. Фридрих Б. Блокчейн как способ изменить энергетический рынок / Б. Фридрих // Энергетика и промышленность России. — 2017. — №17 (325). — С. 25.
8. Andoni M. Blockchain technology in the energy sector: A systematic review of challenges and opportunities / M. Andoni, V. Robu, D. Flynn, S. Abram, D. Geach, D. Jenkins, P. McCallum, A. Peacock // Renewable and Sustainable Energy Reviews. — 2019. — Vol. 100. — Pp. 143–174. — [Electronic resource] — Access mode: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.10.014>.
9. Chitchyan R., Murkin J. Review of Blockchain Technology and its Expectations: Case of the Energy Sector [Electronic resource] — Access mode: <https://arxiv.org/pdf/1803.03567.pdf>.
10. Shcherbak A. Bioeconomy in Arctic regions of Russia: problems and prospects / A. Shcherbak, S. Tishkov, V. V. Karginova-Gubinova // E3S Web of Conferences. — 2019. — Vol. 135. — Innovative Technologies in Environmental Science and Education (ITESE-2019). — Pp. 1–9. [Electronic resource] — Access mode: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201913503005>.
11. Xu Y. The fifth archetype of electricity market: the blockchain marketplace / Y. Xu, P. Ahokangas, S. Yrjölä, T. Koivumäki // Wireless Netw. — 2019. — Pp. 1–17. [Electronic resource] — Access mode: <https://doi.org/10.1007/s11276-019-02065-9>.

Поступила в редакцию

12 декабря 2019 г.



Каргинова-Губинова Валентина Владимировна — кандидат экономических наук, научный сотрудник Института экономики Карельского научного центра РАН.

Karginova-Gubinova Valentina Vladimirovna — candidate of economic Sciences, researcher at the Institute of Economics of the Karelian scientific center of the Russian Academy of Sciences.

185030, г. Петрозаводск, пр. А. Невского, 50
50 A. Nevskogo av., 185030, Petrozavodsk, Russia
Тел.: +7 (814) 256-30-61, факс: +7 (814) 257-07-27; e-mail: vkarginowa@yandex.ru



Щербак Антон Павлович — кандидат экономических наук, научный сотрудник Института экономики Карельского научного центра РАН.

Shcherbak Anton Pavlovich — candidate of economic Sciences, researcher at the Institute of Economics of the Karelian scientific center of the Russian Academy of Sciences.

185030, г. Петрозаводск, пр. А. Невского, 50
50 A. Nevskogo av., 185030, Petrozavodsk, Russia
Тел.: +7 (814) 256-30-61, факс: +7 (814) 257-07-27; e-mail: scherbaka@mail.ru



Тишков Сергей Вячеславович — кандидат экономических наук, ученый секретарь Института экономики Карельского научного центра РАН.

Tishkov Sergey Vyacheslavovich — candidate of economic Sciences, scientific Secretary of the Institute of Economics of the Karelian scientific center of the Russian Academy of Sciences.

185030, г. Петрозаводск, пр. А. Невского, 50
50 A. Nevskogo av., 185030, Petrozavodsk, Russia
Тел.: +7 (814) 257-15-25, факс: +7 (814) 257-07-27; e-mail: insteco_85@mail.ru



Пахомова Антонина Александровна — доктор экономических наук Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова.

Pakhomova Antonina Alexandrovna — doctor of economic Sciences of South-Russian State Polytechnical University (NPI) named after M. I. Platov.

346483, Ростовская обл., п. Персиановский, ул. Садовая, 78
78 Sadovaya st., 346483, Persianovsky, Rostov reg., Russia
Тел.: +7 (961) 424-88-48; e-mail: tivano@yandex.ru
