

ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ

Обзорная статья

УДК 664:004

Применение технологии блокчейн в целях обеспечения прослеживаемости пищевой продукции: текущее состояние и перспективы

Егор Геннадьевич Тимчук

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток, Россия, timchuk.eg@dgtru.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2473-2081>

Аннотация. Технология блокчейн – это технология распределенного реестра, ожидается, что она столкнется с некоторыми трудностями и проблемами в различных отраслях из-за ее прозрачности, децентрализации, защиты от несанкционированного доступа и безопасности шифрования. В последние годы в связи с экономическим развитием прослеживаемости пищевых продуктов уделяется все большее внимание. Основываясь на систематическом критическом анализе литературы, причинах проблем обеспечения прослеживаемости пищевых продуктов и анализе современной технологии блокчейн, включая анализ опыта обеспечения прослеживаемости продукции в РФ и за рубежом, достоинства и недостатки, в этом обзоре было сформулировано текущее состояние применения технологии блокчейн в пищевой промышленности и предложены перспективы ее применения. Наконец, были проанализированы проблемы самой технологии блокчейн и трудности ее применения с целью обеспечения прослеживаемости пищевых продуктов.

Результаты исследования показали, что блокчейн является многообещающей технологией для обеспечения прослеживаемости пищевых продуктов.

Ключевые слова: технология блокчейн, пищевая промышленность, обеспечение прослеживаемости, текущее состояние, перспективы

Для цитирования: Тимчук Е.Г. Применение технологии блокчейн в целях обеспечения прослеживаемости пищевой продукции: текущее состояние и перспективы // Научные труды Дальрыбвтуза. 2022. Т. 61, № 3. С. 13–20.

FOOD SYSTEMS

Review article

Application of blockchain technology in order to ensure the traceability of food products: current state and prospects

Egor G. Timchuk

Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia, timchuk.eg@dgtru.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2473-2081>

Abstract. Blockchain technology is a distributed ledger technology, and it is expected to face some difficulties and challenges in various industries due to its transparency, decentralization,

protection against unauthorized access and encryption security. In recent years, due to economic development, the traceability of food products has been given increasing attention. Based on a systematic critical analysis of the literature, the causes of the problems of ensuring food traceability and the analysis of modern blockchain technology, including the analysis of the experience of ensuring product traceability in Russia and abroad, advantages and disadvantages, this review formulated the current state of the application of blockchain technology in the food industry and proposed prospects for its application. Finally, the problems of the blockchain technology itself and the difficulties of its application in order to ensure the traceability of food products were analyzed.

The results of the study showed that blockchain is a promising technology for ensuring food traceability.

Keywords: blockchain technology, food industry, traceability, current state, prospects

For citation: Timchuk E.G. Application of blockchain technology in order to ensure the traceability of food products: current state and prospects. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2022;61(3): 13–20. (in Russ.).

Введение

Глобализация цепочек поставок продовольствия и рынков пищевой продукции привела к значительному увеличению объемов перемещения продукции и информации между странами. Традиционно глобальные цепочки поставок характеризуются сильной вертикальной интеграцией и координацией между партнерами по цепочке поставок для повышения эффективности, например, за счет снижения операционных и маркетинговых затрат и удовлетворения потребностей потребителей в качестве и безопасности пищевых продуктов. Таким образом, партнеры по обмену оказались под усиливающимся давлением с целью повышения прозрачности их цепочек поставок, расширения обмена достоверной информацией и улучшения возможностей отслеживания и прослеживаемости пищевой продукции от мест выращивания, разведения или лова до розничных продавцов.

Потребность в эффективной прослеживаемости усилилась, поскольку нормативные акты требуют, чтобы каждый ингредиент пищевого продукта можно было отследить до его источника [1]. Потребительский спрос привел к круглогодичной доступности многих сельскохозяйственных продуктов и усилил давление на бизнес, требуя предоставить подробную информацию о специфичных для продукта характеристиках, таких, как качество, безопасность, подлинность, прослеживаемость, происхождение, условия производства и поставок. Повышенный спрос на информацию является движущим фактором внедрения новых технологий. Например, технология радиочастотной идентификации (RFID) была внедрена для улучшения видимости и отслеживания объектов, сокращения пищевых отходов, повышения эксплуатационной эффективности, автоматизации сбора данных, предотвращения ошибок при комплектации и отправке заказов и контроле условий и процессов цепочек поставок [2].

Платформы облачных вычислений используются для хранения информации, относящейся к продуктам питания, и эта информация становится доступной розничным торговцам и потребителям через веб-сайты или сканирование штрих-кодов с помощью мобильного устройства [3].

Традиционная система надзора за продуктами питания страдает от фрагментации данных, отсутствия прозрачности, вызванной расхождениями и несоответствиями в данных, в том числе вследствие их преднамеренной фальсификации [4].

Чтобы решить эти проблемы, ученые и практики организации глобальных цепочек поставок предполагают применение технологии блокчейн в пищевой промышленности, чтобы революционизировать способ проектирования, разработки, организации и управления по-

ставками. Согласно Wang et al. [5] блокчейн потенциально может повлиять на будущую практику и политику организации цепочек поставок, обеспечивая расширенную видимость и прослеживаемость товара.

Таким образом, технология блокчейн направлена на решение проблемы обеспечения доверия и прозрачности в информационном обеспечении человеческой деятельности.

Вопросами практического применения технологии блокчейн занимались такие ученые, как P.C. Bartolomeu, Kuo, V. Ortega, M. Pilkington, M. Swan, Wang, A.C. Бугаев, С.Ю. Кудряшов. Их работы создают методические и теоретические основы в области практического применения технологии блокчейн, однако практические рекомендации по обеспечению качества и безопасности пищевой продукции на основе применения технологии блокчейн недостаточно выражены.

Цель работы: рекомендации по обеспечению качества и безопасности пищевой продукции на основе применения технологии блокчейн.

Для достижения поставленной цели решали следующие задачи:

- анализ организации прослеживаемости товаров в РФ и за рубежом;
- анализ преимуществ технологии блокчейн для пищевой промышленности;
- анализ существующих недостатков технологии блокчейн и перспектив ее развития;
- разработка рекомендаций по применению технологии блокчейн для обеспечения прослеживаемости пищевой продукции.

Результаты и их обсуждение

На первом этапе провели анализ организации прослеживаемости товаров в РФ и за рубежом.

В настоящее время в РФ существуют несколько систем прослеживаемости товаров: «Честный ЗНАК», единая государственная автоматизированная информационная система (ЕГАИС) Алкоголь, ЕГАИС-лес, ЕГАИС «Маркировка», ФГИС «Меркурий» и др.

Система «Честный ЗНАК» подразумевает идентификацию каждой единицы товара путем присвоения ему зашифрованного индивидуального цифрового кода. Применение этой системы обязательно к таким категориям товаров, как: молочная продукция, табачная продукция, лекарственные препараты, товары легкой промышленности, обувь, духи, шины и другие категории товаров. Система обладает рядом достоинств: уменьшение количества фальсифицированной продукции и увеличение налоговых поступлений в государственную казну. Но она обладает и недостатками: увеличение расходов производителей как на оборудование и софт, так и на каждую единицу маркировки, что непосредственным образом сказывается на стоимости товаров, необходимость обучения персонала организаций-производителей, жёсткая централизация хранения информации системы, возможность образования технических ошибок и сбоев в работе [6].

Система ЕГАИС предназначена для государственного надзора за такой продукцией, как алкоголь, изделия из древесины и пиломатериалы и продукция из натурального меха. В качестве достоинств системы можно выделить уменьшение количества фальсифицированной продукции и увеличение налоговых поступлений в государственную казну. Из недостатков авторы выделяют такие, как: увеличение расходов производителей на оборудование, необходимость обучения персонала организаций-производителей, жёсткая централизация хранения информации системы, возможность образования технических ошибок и сбоев в работе [7].

Система ФГИС «Меркурий» предназначена для электронной ветеринарной сертификации поднадзорных грузов, отслеживания пути их перемещения по территории Российской Федерации в целях создания единой информационной среды для ветеринарии, повышения биологической и пищевой безопасности. В качестве достоинств системы выделяют следующие: снижение издержек на оформление сопроводительных документов, минимизация распространения инфекционных заболеваний животных через пищевую продукцию животного происхождения, уменьшение бумажного документооборота. В качестве недостат-

ков выделяют высокую стоимость обслуживания и модернизации системы, необходимость обучения персонала организаций-производителей, жёсткую централизацию хранения информации системы, возможность образования технических ошибок и сбоев в работе [4].

Зарубежный опыт организации прослеживаемости товаров (track & trace) базируется на использовании трех моделей: государственной, корпоративной и частно-государственной. Результаты зарубежного опыта организации прослеживаемости товаров с использованием технологии блокчейн в пищевой промышленности представлены в таблице [8].

**Зарубежный опыт организации прослеживаемости товаров
с использованием технологии блокчейн в пищевой промышленности**

**Foreign experience in organizing the traceability
of goods using technology blockchain in the food industry**

Наименование организации, местоположение	Сущность применения технологии блокчейн
1	2
AgriChain, Калаундра, Австралия	Использует технологию блокчейн для размещения платформы для управления цепочками поставок сельскохозяйственной продукции. Программное обеспечение используется для облегчения транзакций и взаимодействия заинтересованных сторон с целью автоматизации и снижения затрат на операции цепочки поставок. С момента своего запуска AgriChain используется фермерами и производителями продуктов питания по всей Австралии и Азии
AgriDigital, Сидней, Австралия	Размещенное на блокчейне программное обеспечение AgriDigital обеспечивает фермерам и потребителям прозрачность операций в цепочке поставок зерна. Основная цифровая платформа Agri позволяет пользователям осуществлять поставки и заказы, а также получать доступ к данным, отчетам и другим документам в режиме реального времени. Другая платформа, Way Path, представляет собой цифровую систему управления зерновыми продуктами, где пользователи могут отслеживать контракты, грузовики для доставки, складские помещения на фермах и многое другое
Greenfence, Манхэттен-Бич, Калифорния	Платформа Green fence использует технологию ledger для аутентификации и отслеживания всех участников процесса цепочки поставок продуктов питания. Программное обеспечение идентифицирует и сертифицирует людей, места, дистрибьюторов, оборудование и все остальное, участвующее в процессе от фермы до стола, чтобы гарантировать соблюдение стандартов качества на каждом этапе. Платформа Greenfence предоставляет каждому фермеру и дистрибьютору биографию и каналы обмена сообщениями, чтобы потребители могли прочитать о них и обратиться с вопросами или проблемами
IBM, Армонк, Нью-Йорк	IBM создала IBM Food Trust, чтобы помочь обеспечить прозрачность и эффективность цепочек поставок продуктов питания. У компании есть десятки продуктов, которые измеряют безопасность и свежесть пищевых продуктов и помогают сократить количество отходов. Сертификаты в режиме реального времени, данные испытаний и данные о температуре гарантируют соблюдение надлежащих протоколов обработки пищевых продуктов. С 2016 г. IBM и Walmart сотрудничают в запуске и поддержке программы отслеживания продуктов питания розничной сети. Бухгалтерская книга IBM с открытым исходным кодом позволяет сотрудникам Walmart отслеживать срок службы своих продуктов, от фермы до стола, для обеспечения безопасности. Первоначальные эксперименты с ledger показали многообещающие преимущества, в первую очередь возможность отслеживать происхождение скоропортящихся продуктов в США, таких, как манго в течение 2,2 с

Окончание таблицы

1	2
Kezzler, Осло, Норвегия	Облачная платформа отслеживания Kezzler позволяет сторонам просматривать информацию о продукте на каждом этапе процесса цепочки поставок и может быть интегрирована в существующие системы учета и баз данных блокчейна. Основная платформа отслеживает не только данные о доставке продукта, но и о взаимодействии с потребителями, ключевые аналитические данные, сведения о UID (уникальном идентификаторе) продукта. Kezzler сотрудничает с различными компаниями, чтобы привнести в свои решения новейшие технологии, среди которых Accenture и Microsoft
Mojix, Лос-Анджелес, Калифорния	Mojix создает программное обеспечение для управления цепочками поставок для повышения автоматизации, сокращения отходов и обеспечения качества продукции в розничной торговле и пищевой промышленности. Используя технологию блокчейн, программное обеспечение компании может надежно отслеживать сертификацию продукта, временные метки и доставку продукта между распределенными реестрами. В настоящее время Mojix сотрудничает с такими продовольственными компаниями, как McDonald's и Wendy's
Ripe.io, Сан-Франциско, Калифорния	Ripe.io использует блокчейн для повышения прозрачности в цепочке поставок продуктов питания. В Ripe.io блокчейн-экосистема имеет множество инструментов для составления карты продовольственного пути, включая отслеживание цепочки поставок, безопасное агрегирование данных, проверку качества отрубей и интеграцию датчиков и интернета вещей. С Ripe.io фермеры используют IoT-устройства на базе блокчейна для автоматизации процессов ведения сельского хозяйства, дистрибьюторы отслеживают продукты питания в режиме реального времени, а потребители получают проверенную информацию о доставке своих продуктов
TagOne, Принстон, Нью-Джерси	Используя блокчейн, искусственный интеллект и облачные вычисления, TagOne стремится создать более ответственную и взаимосвязанную глобальную цепочку поставок продуктов питания и натуральных продуктов. Комбинированные технологии компании способны выявлять искажения данных, обеспечивать четкие контрольные записи и отслеживать глобальные дисбалансы природного предложения. TagOne используется несколькими американскими компаниями для обеспечения прозрачности своих продуктов из меда, трав и CBD-продукции
Transparent Path, Сиэтл, Вашингтон	Платформа Transparent Path отображает путь продуктов питания от фермы к дистрибьютору в режиме реального времени. Программное обеспечение компании для управления цепочками поставок помогает ресторанам и брендам СРГ управлять безопасностью пищевых продуктов, а потребителям – исследовать происхождение продуктов. Платформа компании сочетает в себе печатные сенсорные технологии, сторонних аудиторов и децентрализованные блокчейн-приложения, чтобы дать поставщикам продуктов питания прозрачный взгляд на их цепочку поставок продуктов питания в режиме реального времени

На втором этапе провели анализ преимуществ блокчейн-технологии для пищевой промышленности. Среди них можно выделить следующие [9]:

1. Блокчейн позволяет промышленности управлять вопросами безопасности пищевых продуктов, делая систему надежной в цепочке поставок продуктов питания с улучшенной прозрачностью.

2. Так как технология блокчейн подразумевает децентрализацию хранения данных и ее репликацию, то коллективные данные менее подвержены неточностям, багам, ошибкам и проблемам взлома. Кроме того, легче определить виновника нарушений в блокчейне.

3. Применение технологии блокчейн увеличивает рентабельность продукции, поскольку позволяет уменьшить цепочку перепродажи пищевой продукции. Так как каждый участник экономических отношений будет иметь возможность проследить за всеми этапами перепродажи продукции и уменьшить их количество.

4. Блокчейн способствует развитию пищевой промышленности, снижая транзакционные издержки и уменьшая количество посредников.

5. Уменьшая количество посредников, технология блокчейн минимизирует шансы ценового принуждения контрагентов, что способствует экономической выгоде.

На третьем этапе провели анализ существующих недостатков технологии блокчейн и перспектив ее развития.

В качестве основного недостатка технологии блокчейн можно выделить ее высокую энергозависимость, так как ее распространенный алгоритм консенсуса Proof-of-Work требует много ресурсов из-за сложности его транзакций. Помимо этого, внедрение технологии блокчейн требует больших капиталовложений. Также следует отметить, что при организации системы большого масштаба существенно снижается скорость регистрации транзакций в ней. Существует возможность хакерских атак на систему, она им подвержена так же, как и все сетевые технологии. И в заключение следует сказать, что в настоящее время существует порядка 10 тыс. блокчейн-технологий с открытым или закрытым кодом и сложно из них выделить наиболее предпочтительные технологии для организации системы прослеживаемости пищевой продукции.

На четвертом этапе разработали рекомендации по применению технологии блокчейн для обеспечения прослеживаемости пищевой продукции. Для этого выделили требования к ней:

- система должна исключать возможность внесения несогласованной информации;
- система должна иметь механизмы согласования изменений всеми партнёрами в режиме реального времени;
- система должна исключать возможность изменения данных постфактум;
- система должна обеспечивать независимый доступ к необходимым данным для каждого партнёра. То есть необходимые данные должны храниться у каждого участника экономических отношений;
- система должна использовать алгоритм синхронизации данных между партнёрами в режиме реального времени;
- система должна гарантировать соблюдение прав доступа к информации.

Разработка системы прослеживаемости пищевой продукции, учитывающей такие требования, возможна только путем децентрализации хранения и использования ее базы данных, что возможно только посредством применения блокчейн-технологии.

Заключение

Технология блокчейн обладает такими характеристиками, как децентрализация, отсутствие несанкционированного доступа, безопасность шифрования и т.д. и может решать проблемы обеспечения прослеживаемости пищевой продукции, увеличивая тем самым доверие к ней потребителей.

С продолжающимся развитием блокчейн-технологии будет появляться все больше и больше примеров ее применения, но существует очень ограниченное понимание ее специфических характеристик и функциональных возможностей для обеспечения прослеживаемости пищевых продуктов.

Блокчейн-технология может помочь решить проблемы, связанные с рисками фальсификации пищевых продуктов, но достижение этой цели на практике требует преодоления некоторых серьезных препятствий и проблем. Обеспечение прослеживаемости пищевых продуктов с помощью блокчейн-технологии выглядит многообещающе.

Список источников

1. ГОСТ Р 58636–2019. Система защиты от фальсификаций и контрафакта. Прослеживаемость оборота продукции. Общие требования [Электронный ресурс] URL: https://docs.cntd.ru/document/1200169646?ysclid=1770oqpyzp2907_2423 (дата обращения: 15.08.2022).
2. Kelepouris T., Pramataris K., Doukidis G. RFID-enabled traceability in the food supply chain // *Ind. Manag. Data Syst.* 2007. Vol. 107. P. 183–200.
3. Nychas G.-J.E., Panagou E.Z., Mohareb F. Novel approaches for food safety management and communication // *Curr. Opin. Food Sci.* 2016. Vol. 12. P. 13–20.
4. Хасанова В.Е. Достоинства и недостатки внедрения федеральной государственной информационной системы «Меркурий» // *Молодой ученый.* 2019. № 46(284). С. 28–31. URL: <https://moluch.ru/archive/284/63907/> (дата обращения: 24.08.2022).
5. Wang Y., Hung H.J., Paul B.-D. Understanding Blockchain technology for future supply chains a systematic literature Review and Research Agenda // *Supply Chain Manag. Int. J.* 2018. Vol. 24. P. 62–84.
6. Романова В.В. Система «Честный ЗНАК» // *Закон и общество: история, проблемы, перспективы: материалы XXVI межвуз. междунар. научн.-практ. конф. студентов и аспирантов, посвященной 70-летию Красноярского ГАУ.* Красноярск, 2022. С. 134–137.
7. Кускова Е.С. Использование ЕГАИС как средства контроля за легальным оборотом алкогольной продукции // *Аллея науки.* 2017. Т. 1, № 16. С. 767–770.
8. Sam Daley // *Blockchain for Food: 10 Examples to Know* [Электронный ресурс]. URL: <https://builtin.com/blockchain/food-safety-supply-chain> (дата обращения: 15.08.2022).
9. Hemendra Singh // *7 Benefits of Blockchain Development for Food Industry* [Электронный ресурс]. URL: <https://www.datasciencecentral.com/7-benefits-of-blockchain-development-for-food-industry/> (дата обращения: 15.08.2022).

References

1. GOST R 58636–2019. System of protection against fraud and counterfeit. Traceability of product turnover. General requirements [Electronic resource]. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200169646?ysclid=1770oqpyzp2907_2423 (accessed: 15.08.2022).
2. Kelepouris T., Pramataris K., Dukidis G. RFID tracking in the food supply chain // *Ind. Management. Data system.* 2007. 107. P.183–200.
3. Naihas G.-J.E., Panagu E.Z., Moharib F. New approaches to food safety management and communication. *Carr. Opinion. Food science.* 2016. Vol. 12. 13–20.
4. Khasanova V.E. Advantages and disadvantages of the introduction of the federal state information system «Mercury» // *Young scientist.* 2019. № 46(284). P. 28–31. Address: <https://moluch.ru/archive/284/63907/> (accessed: 08/24/2022).
5. Wang Yu., Hung H.J., Paul B.-D. Understanding blockchain Technology for Future Supply Chains: a systematic literature review and research program // *Supply chain management. Int. J.* 2018. Vol. 24. P. 62–84.
6. Romanova V.V. System "Honest sign". Law and society: history, problems, prospects: materials of the XXVI session of the Interuniversity Scientific and Practical International Conference of Students and postgraduates dedicated to the 70th anniversary of the Krasnoyarsk State University. Krasnoyarsk, 2022. P. 134–137.
7. Kuskova E.S. The use of EGAIS as a means of controlling the legal turnover of alcoholic beverages // *Alley of Science.* 2017. Vol. 1, No. 16. P. 767–770.

8. Sam Daly // Blockchain for food: 10 examples you need to know [Electronic resource]. URL: <https://builtin.com/blockchain/food-safety-supply-chain> (accessed: 15.08.2022).

9. Hemendra Singh // 7 advantages of blockchain development for the food industry [Electronic resource]. URL: <https://www.datasciencecentral.com/7-benefits-of-blockchain-development-for-food-industry/> (accessed: 15.08.2022).

Информация об авторе

Е.Г. Тимчук – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры управления техническими системами, SPIN-код: 8836-6556, AuthorID: 987987.

Information about the author

E.G. Timchuk – PhD in Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technical Systems Management, SPIN-code: 8836-6556, AuthorID: 987987.

Статья поступила в редакцию 25.08.2022; одобрена после рецензирования 07.10.2022; принята к публикации 10.10.2022.

The article was submitted 25.08.2022; approved after reviewing 07.10.2022; accepted for publication 10.10.2022.