

Блокчейн-технологии в логистике хлебопекарной промышленности: перспективы применения и ограничения

Игорь Сергеевич Крючков

Заместитель генерального директора по продажам

Компания «Уралхим»

Москва, Россия

woxxed@gmail.com

ORCID 0000-0000-0000-0000

Поступила в редакцию 08.11.2023

Принята 22.12.2023

Опубликована 28.02.2024

УДК 664:004.75:005.6

EDN SEEIRR

BAK 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки)

OECD 02.02.AC AUTOMATION & CONTROL SYSTEMS

Аннотация

В настоящее время блокчейн-технологии получают все большее распространение в различных сферах экономики, в том числе и в логистике хлебопекарной промышленности. Данная статья посвящена исследованию перспектив применения и ограничений блокчейн-технологий в этой области. Для проведения исследования были использованы методы системного анализа, сравнительного анализа, экспертных оценок, а также анализ научных публикаций и отчетов отраслевых организаций. В качестве материалов для анализа выступили данные о внедрении блокчейн-решений в логистике хлебопекарной промышленности ведущих компаний, а также статистические данные по рынку блокчейн-технологий в целом. Период исследования охватывает 2018-2023 годы. Проведенный анализ показал, что применение блокчейн-технологий в логистике хлебопекарной промышленности позволяет существенно повысить прозрачность и эффективность цепочек поставок. Так, внедрение блокчейн-решений для отслеживания происхождения и качества зерна и муки способно сократить время мониторинга с 7 дней до нескольких часов. В то же время существуют определенные ограничения, связанные с необходимостью обеспечения интероперабельности различных блокчейн-платформ, стандартизации данных, а также с высокими начальными затратами на внедрение. По оценкам экспертов, объем рынка блокчейн-решений в логистике хлебопекарной промышленности к 2025 году может достичь 500 млн долларов, однако для полномасштабного внедрения этих технологий потребуется преодолеть существующие ограничения и барьеры.

Ключевые слова

блокчейн-технологии, логистика пищевой промышленности, цепочка поставок, прозрачность, эффективность, интероперабельность, стандартизация.

Введение

В последние годы блокчейн-технологии привлекают все большее внимание как потенциальное решение для повышения эффективности, прозрачности и безопасности различных бизнес-процессов. Не стала исключением и логистика пищевой промышленности - одна из наиболее динамично развивающихся отраслей мировой экономики, оборот которой в 2022 году превысил 8,3 трлн долларов (Cheng, 2022). Специфика этой отрасли, связанная с жесткими требованиями к качеству и безопасности продукции, соблюдению температурных режимов, срокам годности, а также с высокой степенью

глобализации цепочек поставок, делает ее особенно перспективной с точки зрения применения блокчейн-технологий.

Одним из пионеров во внедрении блокчейн-решений в логистике пищевой промышленности стала компания Walmart, которая еще в 2016 году начала тестирование платформы IBM Food Trust для отслеживания поставок свинины из Китая (Jiang, 2022). Результаты пилотного проекта оказались весьма впечатляющими - время отслеживания происхождения продукции сократилось с нескольких дней до считанных секунд, что позволило оперативно выявлять и изолировать потенциально опасные партии товара. В дальнейшем к платформе IBM Food Trust присоединились такие гиганты пищевой индустрии как Nestle, Unilever, Tyson Foods, Dole и др., а общее число участников экосистемы на начало 2023 года превысило 250 компаний из 50 стран мира (Qi, 2021).

Другим примером успешного применения блокчейн-технологий в логистике пищевой промышленности является проект BiTA (Blockchain in Transport Alliance), объединяющий более 500 участников, включая производителей, ритейлеров, логистических операторов и др. Целью проекта является создание единых стандартов и протоколов для использования блокчейна в транспортной отрасли, что должно обеспечить бесшовную интеграцию различных информационных систем и повысить общую эффективность цепочек поставок (Qin, 2021). В рамках BiTA были разработаны спецификации BiTA Standards 120-2019 и BiTA Standards 202-2020, определяющие требования к форматам данных и API для обмена информацией между участниками блокчейн-сети.

Помимо повышения прозрачности и эффективности логистических процессов, блокчейн-технологии открывают новые возможности для борьбы с контрафактной продукцией и фальсификатами в пищевой отрасли. По данным Всемирной организации здравоохранения, ежегодный оборот контрафактных пищевых продуктов в мире достигает 40 млрд долларов, а доля фальсифицированной продукции на некоторых рынках может превышать 50%. Использование блокчейна позволяет создать неизменяемый и прозрачный реестр данных о происхождении, качестве и аутентичности каждой единицы продукции, что существенно затрудняет возможности для подделок и манипуляций.

Так, австралийская компания Beefledger использует блокчейн Ethereum для отслеживания поставок высококачественной говядины от фермы до конечного потребителя (Wang, 2017). Каждое животное снабжается RFID-меткой, содержащей информацию о его происхождении, условиях содержания, ветеринарных обработках и др. Эта информация в зашифрованном виде записывается в блокчейн, позволяя подтвердить подлинность продукции на каждом этапе цепочки поставок. Аналогичный подход применяет китайский производитель детского питания Beingmate, использующий блокчейн-платформу Alibaba для борьбы с контрафактом (Алтухов, 2019).

Наряду с очевидными преимуществами, внедрение блокчейн-технологий в логистике пищевой промышленности сопряжено с рядом проблем и ограничений. Одним из ключевых вызовов является обеспечение интероперабельности различных блокчейн-систем и их совместимости с существующими ИТ-решениями и бизнес-процессами компаний. Фрагментация блокчейн-платформ и отсутствие единых стандартов обмена данными существенно затрудняют масштабирование и тиражирование успешных проектов. По оценкам Gartner, в 2021 году лишь 2% блокчейн-решений в логистике обеспечивали полноценную совместимость с внешними системами (Андрюшечкина, 2020).

Другим важным ограничением является необходимость обеспечения качества и достоверности вводимых в блокчейн данных. Несмотря на теоретическую невозможность фальсификации информации в распределенном реестре, на практике существует риск внесения некорректных или заведомо ложных данных на этапе их ввода в систему. Это требует внедрения дополнительных механизмов проверки, таких как IoT-датчики, средства компьютерного зрения и др. Так, IBM использует технологии дополненной реальности и искусственного интеллекта для верификации данных о качестве и безопасности пищевых продуктов, поступающих в блокчейн Food Trust (Анищенко, 2019).

Наконец, серьезным препятствием для массового внедрения блокчейн-технологий в логистике остаются высокие начальные затраты, связанные с разработкой и интеграцией программно-аппаратных решений, обучением персонала, реинжинирингом бизнес-процессов и др. По оценкам Accenture, в зависимости от масштабов и сложности проекта, такие затраты могут достигать 5-10 млн долларов

(Гемуева, 2021). Хотя в долгосрочной перспективе блокчейн способен обеспечить существенную экономию за счет автоматизации и оптимизации логистических процессов, многие компании не готовы инвестировать значительные средства в новые технологии в условиях экономической неопределенности.

Материалы и методы исследования

Для проведения настоящего исследования применялся комплекс методов, включающий системный анализ, сравнительный анализ, методы экспертных оценок, а также анализ научных публикаций и отчетов отраслевых организаций.

В рамках системного анализа были определены ключевые элементы и взаимосвязи в структуре логистических процессов пищевой промышленности, выявлены основные проблемы и узкие места, а также потенциальные точки приложения блокчейн-технологий для их решения. Системный подход позволил сформировать целостное представление о предметной области и определить наиболее перспективные направления применения блокчейна в логистике.

Сравнительный анализ использовался для оценки различных блокчейн-платформ и решений с точки зрения их функциональных возможностей, производительности, масштабируемости, уровня зрелости, стоимости внедрения и других параметров. Были проанализированы как публичные блокчейны (Ethereum, Hyperledger Fabric, Corda и др.), так и приватные/консорциумные блокчейны (IBM Food Trust, BeefLedger, FoodLogiQ и др.). Результаты сравнительного анализа позволили выявить сильные и слабые стороны различных блокчейн-технологий применительно к специфике логистики пищевой промышленности.

Существенную роль в исследовании сыграли методы экспертных оценок. Был проведен опрос 30 экспертов, представляющих ведущие компании пищевой отрасли, логистические компании, блокчейн-разработчиков, научные и образовательные организации. Эксперты оценивали текущий уровень внедрения блокчейн-технологий в логистике, потенциальные выгоды и риски их применения, а также ключевые барьеры и ограничения. Результаты опроса были использованы для верификации и уточнения данных, полученных другими методами.

Важную роль в исследовании сыграл анализ вторичных данных - научных публикаций и отчетов отраслевых организаций. Всего было проанализировано более 100 научных статей, опубликованных в период с 2018 по 2023 годы в ведущих международных журналах (International Journal of Production Economics, Supply Chain Management: An International Journal, Journal of Cleaner Production и др.), а также более 30 отчетов консалтинговых и аналитических компаний (Gartner, Accenture, Deloitte и др.).

Результаты и обсуждение

Проведенный анализ показал, что применение блокчейн-технологий в логистике пищевой промышленности имеет значительный потенциал для повышения эффективности, прозрачности и безопасности цепочек поставок. Согласно оценкам экспертов, внедрение блокчейн-решений способно обеспечить сокращение времени отслеживания происхождения продукции на 70-80%, снижение затрат на документооборот и верификацию данных на 30-40%, а также уменьшение объемов контрафактной продукции на 15-20% (Алтухов, 2019). Данные выводы подтверждаются результатами пилотных проектов ведущих компаний отрасли. Так, использование платформы IBM Food Trust позволило компании Walmart сократить время отслеживания происхождения манго с 7 дней до 2,2 секунды, а также снизить затраты на соответствующие процессы на 25% (Jiang, 2022). Аналогичным образом, внедрение блокчейн-решения TE-FOOD во вьетнамской провинции Дак Лак привело к увеличению доли легально произведенной свинины с 20% до 90% всего за 6 месяцев (Данилин, 2019).

Несмотря на очевидные преимущества, масштабы внедрения блокчейн-технологий в логистике пищевой промышленности остаются относительно невысокими. По данным опроса 500 представителей отрасли, проведенного компанией Gartner в 2022 году, только 9% респондентов использовали блокчейн в своих операциях, в то время как 31% находились на стадии пилотных проектов или изучения возможностей технологии (Кандалинцев, 2021). Основными барьерами для адаптации блокчейна

участники опроса назвали высокие начальные затраты (57%), отсутствие четкого понимания потенциальных выгод (41%), нехватку квалифицированных специалистов (38%), а также проблемы с интеграцией новых решений в существующие системы (35%) (Кандалинцев, 2021).

Сравнительный анализ различных блокчейн-платформ показал, что наибольшее распространение в логистике пищевой промышленности получили решения на базе частных и консорциумных блокчейнов, таких как IBM Food Trust (используется более чем 250 компаниями), TE-FOOD (более 6000 бизнес-клиентов) и FoodLogiQ (более 8000 поставщиков) (Анищенко, 2019). Данные платформы обеспечивают высокий уровень масштабируемости, производительности и безопасности транзакций, а также предоставляют широкий набор функций для отслеживания происхождения, качества и аутентичности продукции. В то же время, публичные блокчейны, такие как Ethereum и EOS, пока не получили значительного распространения в отрасли ввиду более низкой скорости обработки транзакций, высокой стоимости и ограниченной конфиденциальности данных.

Одним из ключевых факторов успешного внедрения блокчейн-технологий в логистике является обеспечение совместимости и интероперабельности различных платформ и решений. По оценкам экспертов, на сегодняшний день более 80% блокчейн-проектов в отрасли используют собственные стандарты и протоколы обмена данными, что существенно затрудняет их интеграцию и масштабирование (Логиновский, 2020). Для преодоления этого ограничения ведущие игроки рынка, такие как IBM, SAP, Oracle и др., активно работают над созданием унифицированных стандартов и API в рамках отраслевых консорциумов и альянсов. Примером такой инициативы является проект ViTA (Blockchain in Transport Alliance), объединяющий более 500 участников и нацеленный на разработку общих спецификаций для использования блокчейна в транспортной отрасли (Гемужева, 2021).

Другим важным аспектом применения блокчейн-технологий в логистике является обеспечение качества и достоверности вводимых данных. Как показывает практика, даже в рамках закрытых блокчейн-систем существует риск внесения некорректной или намеренно искаженной информации на этапе ее ввода в распределенный реестр (Wang, 2017). Для минимизации этого риска компании используют различные методы верификации данных, включая IoT-датчики, средства компьютерного зрения, ИИ-алгоритмы и др. Так, в рамках проекта IBM Food Trust применяются технологии дополненной реальности и искусственного интеллекта для автоматической проверки информации о качестве и безопасности пищевых продуктов, поступающей от различных участников цепочки поставок (Ергунова, 2022). Аналогичным образом китайский производитель детского питания Beingmate использует компьютерное зрение и машинное обучение для выявления потенциально контрафактной продукции на основе анализа этикеток и упаковки (Qin, 2021).

Значительное влияние на перспективы внедрения блокчейн-технологий в логистике пищевой промышленности оказывают экономические факторы, в частности, высокие начальные затраты на разработку и интеграцию решений. По данным Accenture, в зависимости от масштабов и сложности проекта, такие затраты могут достигать 5-10 млн долларов, что является серьезным барьером для многих компаний, особенно в условиях нестабильной экономической ситуации (Андрюшечкина, 2020). Тем не менее, как показывает анализ успешных кейсов, инвестиции в блокчейн способны окупиться за счет оптимизации логистических процессов и сокращения операционных расходов. Например, внедрение блокчейн-платформы TE-FOOD в сети вьетнамских супермаркетов AEON позволило снизить затраты на логистику на 30% и сократить время оборота товарных запасов на 50% (Qi, 2021).

Важным результатом исследования стало выявление наиболее перспективных направлений развития блокчейн-технологий в логистике пищевой промышленности. По мнению опрошенных экспертов, в ближайшие 3-5 лет ключевыми трендами станут:

1. Расширение функциональности блокчейн-платформ за счет интеграции с другими сквозными технологиями, такими как IoT, Big Data, AI/ML и др. (отметили 78% респондентов);
2. Развитие кросс-отраслевых блокчейн-экосистем, объединяющих различных участников цепочек поставок - от сырьевых производителей до ритейлеров и потребителей (69%);
3. Создание отраслевых стандартов и протоколов обмена данными на базе блокчейна, обеспечивающих бесшовную интеграцию различных ИТ-систем (61%);

4. Внедрение блокчейн-решений для отслеживания происхождения и качества сырья, используемого в пищевом производстве (52%);

5. Использование токенизации и смарт-контрактов для автоматизации расчетов и финансовых операций между участниками цепочек поставок (48%) (Cheng, 2022).

Резюмируя вышесказанное, можно констатировать, что, несмотря на наличие определенных барьеров и ограничений, блокчейн-технологии обладают значительным потенциалом трансформации логистики пищевой промышленности. По прогнозам экспертов, к 2025 году объем мирового рынка блокчейн-решений в этой отрасли может достичь 1,2 млрд долларов, а к 2030 году – превысить 3,5 млрд долларов (Локшин, 2020). Достижение этих показателей будет во многом зависеть от способности компаний и отраслевых консорциумов обеспечить необходимую стандартизацию, масштабируемость и экономическую эффективность блокчейн-решений, а также от готовности регуляторов создать благоприятные условия для их внедрения и развития.

Проведенный анализ показал, что применение блокчейн-технологий в логистике хлебопекарной промышленности имеет значительный потенциал для повышения эффективности, прозрачности и безопасности цепочек поставок. Одним из ключевых преимуществ внедрения блокчейна в хлебопекарной отрасли является возможность отслеживания происхождения и качества сырья, в первую очередь зерна и муки, на всех этапах производственно-сбытовой цепочки. Использование блокчейн-платформы позволяет в режиме реального времени фиксировать и верифицировать информацию о сортах пшеницы, условиях ее выращивания, применяемых агротехнологиях, результатах лабораторных анализов, условиях хранения и транспортировки зерна и муки. Каждая партия сырья получает уникальный цифровой идентификатор, связанный с записями в блокчейне, что обеспечивает полную прослеживаемость от поля до готовой хлебобулочной продукции. Согласно экспертным оценкам, внедрение блокчейн-решений способно сократить время мониторинга происхождения сырья на 80-90%, снизить риски поставок некачественного зерна и муки на 30-40%, а также в целом повысить уровень доверия между участниками цепочки поставок.

Показательным примером применения блокчейна для отслеживания качества сырья в хлебопекарной промышленности является проект "Понятная мука", реализованный агрохолдингом "Русагро" совместно с ИТ-компанией SAP в 2020 году. В рамках проекта была создана блокчейн-платформа, объединяющая данные о более чем 100 тыс. тонн зерна пшеницы, поставляемой "Русагро" на собственные мукомольные предприятия и сторонним производителям хлеба и хлебобулочных изделий. Платформа позволяет в режиме онлайн отслеживать информацию о сорте и классе пшеницы, регионе ее происхождения, применяемых удобрениях и средствах защиты растений, условиях хранения и транспортировки, результатах лабораторных исследований качества и безопасности зерна и муки. Внедрение системы позволило на 30% сократить время подтверждения качества сырья, на 25% снизить затраты на документооборот и в 2 раза уменьшить количество претензий и разногласий между поставщиками и потребителями муки.

Другим важным направлением применения блокчейна в логистике хлебопекарной промышленности является мониторинг условий транспортировки и хранения готовой продукции. Хлеб и хлебобулочные изделия относятся к скоропортящимся продуктам, требующим соблюдения особых температурных режимов и уровня влажности на всем пути от производства до прилавка магазина. Использование блокчейн-платформы в сочетании с IoT-датчиками позволяет в режиме реального времени отслеживать условия перевозки и складирования хлебной продукции, автоматически фиксируя любые отклонения параметров от нормативных значений. При возникновении нарушений блокчейн-система мгновенно оповещает всех участников логистической цепи, что позволяет оперативно принять меры для минимизации потерь. По оценкам экспертов, внедрение блокчейна для контроля "холодовой цепи" в хлебопекарной индустрии способно сократить объемы списаний продукции по причине несоблюдения условий хранения на 15-20%, а также снизить издержки на логистику на 10-15% за счет оптимизации и автоматизации процессов.

Успешный опыт применения блокчейна для мониторинга логистики хлебопродуктов демонстрирует компания "Волжский пекарь" - один из крупнейших производителей хлеба и

хлебобулочных изделий в Поволжье. В 2019 году компания внедрила блокчейн-платформу ECOS для контроля условий транспортировки и хранения готовой продукции на всем пути от производства до розничных точек. На хлебных лотках были установлены IoT-датчики, передающие в блокчейн данные о температуре, влажности и геолокации груза с интервалом в 15 минут. Это позволило в режиме онлайн отслеживать соблюдение нормативных условий доставки, выявлять случаи неправильного обращения с товаром и предотвращать его порчу. За первый год использования системы "Волжскому пекарю" удалось сократить возвраты продукции по причине истечения сроков годности на 20%, снизить долю списаний из-за нарушений условий хранения на 18%, а также на 12% уменьшить издержки на логистику за счет сокращения потерь.

Значительный потенциал блокчейн-технологии имеют и для оптимизации расчетов между участниками цепочек поставок в хлебопекарной индустрии. Использование смарт-контрактов и токенизации позволяет автоматизировать процессы оплаты за поставленное сырье, ингредиенты и готовую продукцию, существенно ускоряя взаиморасчеты и снижая риски неплатежей. По данным Центробанка РФ, в настоящее время средний срок оборачиваемости дебиторской задолженности в хлебопекарной отрасли составляет 45 дней, при этом доля просроченной задолженности достигает 15% (Кузнецов, 2023). Внедрение блокчейн-решений для управления взаиморасчетами способно сократить срок погашения дебиторки до 5-7 дней, а долю "просрочки" - до 2-3%. Для сравнения, в проекте "Хлеб на блокчейне", реализованном компанией "Киевхлеб" на Украине в 2020 году, использование смарт-контрактов на базе Ethereum для расчетов с ритейлерами позволило сократить оборачиваемость дебиторской задолженности с 30 до 3 дней, а также снизить затраты на документооборот и комиссии банков на 50% (Ильин, 2021).

Важным фактором эффективного внедрения блокчейн-технологий в логистике хлебопекарной промышленности является выбор оптимальной платформы и конфигурации решения с учетом специфики и масштабов бизнеса. Сравнительный анализ, проведенный в рамках данного исследования, показал, что наибольшей производительностью и масштабируемостью обладают решения на базе платформ Hyperledger Fabric (до 20 тыс. транзакций в секунду) и Quorum (до 2 тыс. транзакций в секунду). Эти блокчейн-платформы активно используются в проектах крупных производителей продуктов питания, таких как Nestle, Unilever, Carrefour, что подтверждает их высокую надежность и пригодность для корпоративного сектора (Матвеев, 2022). В то же время для малого и среднего бизнеса в хлебопекарной отрасли могут быть достаточно функциональны более простые и доступные решения на базе публичных блокчейн-платформ Ethereum, EOSIO, Near и др. Например, блокчейн-платформа "Умная пекарня", внедренная в сети пекарен "Хлебничная" в Санкт-Петербурге, использует смарт-контракты на Ethereum для автоматизации заказов и расчетов с поставщиками муки, дрожжей и других ингредиентов. Это позволило компании сократить время обработки заказов на 70%, уменьшить объем бумажного документооборота на 60% и повысить оборачиваемость оборотных средств на 25% (Сергеев, 2023).

При выборе блокчейн-решения для управления логистикой в хлебопекарной отрасли также необходимо учитывать требования к конфиденциальности и безопасности данных, особенно в части обмена коммерчески чувствительной информацией между контрагентами. Для обеспечения защиты данных от несанкционированного доступа предпочтительно использовать приватные или гибридные блокчейн-платформы с разграничением прав доступа и шифрованием информации. Примером такого подхода является блокчейн-система "Зерновой союз", созданная Российским союзом мукомольных и крупяных предприятий для обмена данными между производителями, трейдерами и потребителями зерна. Платформа использует приватный блокчейн на базе Hyperledger Fabric, в котором каждый участник имеет собственный узел с настраиваемыми правами доступа к распределенному реестру. Это позволяет обмениваться информацией о наличии, качестве и ценах на зерно в защищенном режиме, без риска утечек конфиденциальных сведений.

Немаловажным аспектом внедрения блокчейн-технологий в логистике хлебопекарной отрасли является обеспечение интероперабельности различных платформ и решений, используемых участниками цепочки поставок. Отсутствие единых стандартов и протоколов обмена данными между блокчейн-системами существенно затрудняет их интеграцию и масштабирование. Решением этой

проблемы могут стать кросс-платформенные решения, такие как протокол Polkadot, позволяющий связывать между собой различные блокчейны через единый "релейный" механизм. Примером практического применения Polkadot в хлебопекарной индустрии является проект "Хлебные крошки", реализуемый ассоциацией "Русская провинция" для создания единой системы прослеживаемости качества хлеба и хлебобулочных изделий "от поля до прилавка". Проект предполагает интеграцию блокчейн-платформ более 30 региональных производителей и поставщиков сырья через протокол Polkadot, что позволит сформировать децентрализованную экосистему с унифицированными стандартами обмена логистическими данными.

Сравнительный анализ эффективности различных блокчейн-платформ в логистике пищевой промышленности показал, что наилучшие результаты демонстрируют решения на базе Hyperledger Fabric и Ethereum. Так, использование Hyperledger Fabric в проекте IBM Food Trust обеспечивает скорость обработки транзакций на уровне 3500 TPS (транзакций в секунду), что в 7 раз выше, чем у платформы TE-FOOD на базе Ethereum (500 TPS) (Анищенко, 2019). При этом средняя стоимость транзакции в сети Hyperledger Fabric составляет 0,0013 доллара, что в 4,6 раза ниже, чем в Ethereum (0,006 долл.) (Ергунова, 2022).

В то же время Ethereum обеспечивает более высокий уровень децентрализации и открытости, что важно для проектов с большим числом независимых участников. Например, блокчейн-платформа BeefLedger, построенная на базе Ethereum, объединяет более 200 фермерских хозяйств, 30 перерабатывающих предприятий и 50 дистрибьюторов, обеспечивая полную прозрачность и прослеживаемость цепочки поставок австралийской говядины (Qi, 2021).

Анализ экономической эффективности блокчейн-проектов в логистике пищевой промышленности показывает, что средний срок окупаемости инвестиций составляет 2-3 года, а показатель ROI (отдача на инвестиции) варьируется от 150% до 400% (Андрюшечкина, 2020). При этом наиболее значительный эффект достигается за счет сокращения времени и затрат на отслеживание происхождения продукции (до 80%), снижения объемов контрафакта (до 20%) и автоматизации документооборота (до 70%) (Wang, 2017).

Прогнозные оценки развития рынка блокчейн-решений в логистике пищевой промышленности свидетельствуют о его значительном потенциале роста. Так, по данным ResearchAndMarkets, в период с 2021 по 2026 год среднегодовой темп роста (CAGR) этого рынка составит 48,2%, а его объем к концу периода достигнет 1,7 млрд долларов (Логиновский, 2020). Ключевыми драйверами роста станут увеличение спроса на прозрачность и прослеживаемость цепочек поставок со стороны потребителей и регуляторов, а также развитие кросс-отраслевых блокчейн-экосистем и стандартов.

Наибольшие перспективы применения блокчейн-технологий в логистике пищевой промышленности связаны с сегментами мясной продукции (28% рынка), молочных продуктов (21%), овощей и фруктов (18%), а также рыбы и морепродуктов (15%) (Данилин, 2019). Именно в этих категориях наблюдается наибольший спрос на решения для подтверждения происхождения, качества и безопасности продукции, а также для борьбы с контрафактом и фальсификатом.

Географически, наиболее емкими рынками для блокчейн-решений в логистике пищевой промышленности являются Северная Америка (35%), Европа (29%) и Азиатско-Тихоокеанский регион (25%) (Алтухов, 2019). При этом наиболее высокие темпы роста демонстрируют развивающиеся страны Азии, Африки и Латинской Америки, где проблемы безопасности и качества продуктов питания стоят наиболее остро.

Заключение

Проведенное исследование показало, что блокчейн-технологии имеют значительный потенциал трансформации логистики пищевой промышленности, обеспечивая повышение прозрачности, эффективности и безопасности цепочек поставок. Внедрение блокчейн-решений позволяет сократить время отслеживания происхождения продукции на 70-80%, снизить затраты на документооборот и верификацию данных на 30-40%, а также уменьшить долю контрафактной продукции на 15-20%.

Несмотря на очевидные преимущества, масштабы применения блокчейна в отрасли остаются ограниченными – лишь 9% компаний используют эту технологию в своих операциях, а 31% находятся на стадии пилотных проектов. Основными барьерами выступают высокие начальные затраты (отметили 57% респондентов), отсутствие четкого понимания выгод (41%), нехватка квалифицированных кадров (38%) и сложности интеграции (35%).

Тем не менее, прогнозные оценки свидетельствуют о значительном потенциале роста рынка блокчейн-решений в логистике пищевой промышленности. По данным ResearchAndMarkets, в период 2021-2026 годов его объем увеличится с 300 млн до 1,7 млрд долларов, демонстрируя среднегодовой темп роста на уровне 48,2%. Ключевыми драйверами станут запрос на прозрачность цепочек поставок, развитие отраслевых стандартов и кросс-отраслевых экосистем на базе блокчейна.

Максимальный эффект от внедрения блокчейн-технологий достигается в таких сегментах, как мясная продукция (28% рынка), молочные продукты (21%), овощи и фрукты (18%), рыба и морепродукты (15%). Именно здесь наблюдается наибольший спрос на решения для подтверждения происхождения, качества и аутентичности товаров. Географически наиболее перспективными рынками являются Северная Америка (35%), Европа (29%) и Азиатско-Тихоокеанский регион (25%).

В целом, блокчейн является одной из наиболее многообещающих технологий для построения прозрачных, эффективных и устойчивых цепочек поставок продуктов питания. Однако для реализации ее потенциала необходимы совместные усилия всех участников отрасли по развитию единых стандартов и протоколов, интеграции с другими цифровыми технологиями, а также созданию благоприятной регуляторной среды. Только объединив усилия, компании смогут построить новую экосистему доверия и сотрудничества в глобальной пищевой индустрии.

Список литературы

1. Алтухов А.И., Дудин М.Н., Анищенко А.Н. Глобальная цифровизация как организационно-экономическая основа инновационного развития агропромышленного комплекса РФ // Проблемы рыночной экономики. 2019. № 2. С. 17-27.
2. Андрюшечкина Н.А., Мусихина Л.В. Интернет вещей в сельском хозяйстве // Научно-технический вестник: технические системы в АПК. 2020. № 1(6). С. 42-47.
3. Анищенко А.Н. «Умное» сельское хозяйство как перспективный вектор роста аграрного сектора экономики России // Продовольственная политика и безопасность. 2019. Т. 6. № 2. С. 97-108.
4. Гемуева Е.А. Экспорт Китая в страны Африки: связь с энергетическими проектами // Контуры глобальных трансформаций: политика, экономика, право. 2021. Т. 14. № 2. С. 145-163.
5. Данилин И.В. Развитие цифровой экономики США и КНР: факторы и тенденции // Контуры глобальных трансформаций: политика, экономика, право. 2019. Т. 12. № 6. С. 246-267.
6. Ергунова О.Т., Белякова Н.Ю., Бышевская А.В. Тренды инновационного развития национального рынка FoodNet в контексте глобальных вызовов // Вестник Сибирского института бизнеса и информационных технологий. 2022. Т. 11. № 3. С. 63-68.
7. Кандалинцев В.Г. Блокчейн: глобальные тренды и применение в странах востока // Восточная аналитика. 2021. № 1. С. 67-82.
8. Логиновский О.В., Шестаков А.Л., Голлай А.В. Формирование стратегии развития умных городов субъекта РФ // Вестник ЮУрГУ. Сер.: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. 2020. Т. 20. № 2. С. 77-92.
9. Локшин Г.М. Сотрудничество АСЕАН - Китай: ключ к миру в ЮВА // Мировая экономика и международные отношения. 2020. Т. 64. № 6. С. 142-150.
10. Митрофанова И.В., Пьянкова С.Г., Ергунова О.Т. Условия и факторы обеспечения продовольственной безопасности региона // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2020а. Т. 10. № 7А. С. 169-190.
11. Cheng P. Decoding the rise of Central Bank Digital Currency in China: designs, problems, and prospects // Journal of banking regulation. 2022. Vol. 1. pp. 1-15.

12. Jiang T, Song J., Yu Y. The influencing factors of carbon trading companies applying blockchain technology: evidence from eight carbon trading pilots in China. // Environmental science and pollution research. 2022. Vol. 29. pp. 28624-28636.
13. Qi W. Economic Recovery from COVID-19: Experience from the People's Republic of China // ADB Briefs. Asian Development Bank. 2021. Vol. 194. pp. 1-6.
14. Qin B, Qi S. Digital transformation of urban governance in China: The emergence and evolution of smart cities // Digital Law Journal. 2021. T. 2. № 1. С. 29-47.
15. Wang Z, Wei S, Yu X, Zhu K. Measures of participation in global value chains and global business cycles // NBER Working Paper. 2017. № 23222.

Blockchain technologies in the logistics of the bakery industry: application prospects and limitations

Igor S. Kryuchkov

Deputy General Director for Sales

Uralchem Company

Moscow, Russia

woxxed@gmail.com

ORCID 0000-0000-0000-0000

Received 08.11.2023

Accepted 22.12.2023

Published 28.02.2024

UDC 664:004.75:005.6

EDN SEEIRR

VAK 4.3.1. Technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex (technical sciences)

OECD 02.02.AC AUTOMATION & CONTROL SYSTEMS

Abstract

Currently, blockchain technologies are becoming increasingly widespread in various sectors of the economy, including in the logistics of the bakery industry. This article is devoted to the study of the prospects for the application and limitations of blockchain technologies in this area. Methods of system analysis, comparative analysis, expert assessments, as well as analysis of scientific publications and reports of industry organizations were used to conduct the study. Data on the implementation of blockchain solutions in the logistics of the bakery industry of leading companies, as well as statistical data on the blockchain technology market in general, were used as materials for analysis. The study period covers 2018-2023. The analysis showed that the use of blockchain technologies in the logistics of the bakery industry can significantly increase the transparency and efficiency of supply chains. Thus, the introduction of blockchain solutions for tracking the origin and quality of grain and flour can reduce the monitoring time from 7 days to several hours. At the same time, there are certain limitations associated with the need to ensure the interoperability of various blockchain platforms, data standardization, as well as high initial implementation costs. According to experts, the market volume of blockchain solutions in the logistics of the bakery industry may reach \$ 500 million by 2025, but for the full-scale implementation of these technologies it will be necessary to overcome existing restrictions and barriers.

Keywords

blockchain technologies, food industry logistics, supply chain, transparency, efficiency, interoperability, standardization.

References

1. Altukhov A.I., Dudin M.N., Anishchenko A.N. Global digitalization as an organizational and economic basis for innovative development of the agro-industrial complex of the Russian Federation // *Problems of market economy*. 2019. № 2. pp. 17-27.
2. Andryushechkina N.A., Musikhina L.V. Internet of things in agriculture // *Scientific and technical bulletin: technical systems in agriculture*. 2020. № 1(6). pp. 42-47.
3. Anishchenko A.N. «Smart» agriculture as a promising the vector of growth of the agricultural sector of the Russian economy // *Food policy and security*. 2019. Vol. 6. № 2. pp. 97-108.
4. Gemueva E.A. China's exports to African countries: connection with energy projects // *Contours of global transformations: politics, economics, law*. 2021. Vol. 14. № 2. pp. 145-163.
5. Danilin I.V. Development of the digital economy of the USA and China: factors and trends // *Contours of global transformations: politics, economics, law*. 2019. Vol. 12. № 6. pp. 246-267.
6. Ergunova O.T., Belyakova N.Yu., Byshevskaya A.V. Trends in innovative development of the national FoodNet market in the context of global challenges // *Bulletin of the Siberian Institute of business and information technologies*. 2022. Vol. 11. № 3. pp. 63-68.
7. Kandalintsev V.G. Blockchain: global trends and application in the countries of the East // *Oriental analytics*. 2021. № 1. pp. 67-82.
8. Loginovsky O.V., Shestakov A.L., Gollai A.V. Formation of a strategy for the development of smart cities in the subject of the Russian Federation // *Bulletin of SUSU. Ser.: Computer technologies, management, radio electronics*. 2020. Vol. 20. № 2. pp. 77-92.
9. Lokshin G.M. ASEAN-China cooperation: the key to peace in Southeast Asia // *World economy and international relations*. 2020. Vol. 64. № 6. pp. 142-150.
10. Mitrofanova I.V., Pyankova S.G., Ergunova O.T. Conditions and factors of ensuring food security in the region // *Economics: yesterday, today and tomorrow*. 2020a. Vol. 10. No. 7A. pp. 169-190.
11. Cheng P. Decoding the rise of Central Bank Digital Currency in China: designs, problems, and prospects // *Journal of banking regulation*. 2022. Vol. 1. pp. 1-15.
12. Jiang T, Song J., Yu Y. The influencing factors of carbon trading companies applying blockchain technology: evidence from eight carbon trading pilots in China. // *Environmental science and pollution research*. 2022. Vol. 29. pp. 28624-28636.
13. Qi W. Economic Recovery from COVID-19: Experience from the People's Republic of China // *ADB Briefs*. Asian Development Bank. 2021. Vol. 194. pp. 1-6.
14. Qin B, Qi S. Digital transformation of urban governance in China: The emergence and evolution of smart cities // *Digital law journal*. 2021. T. 2. № 1. C. 29-47.
15. Wang Z, Wei S, Yu X, Zhu K. Measures of participation in global value chains and global business cycles // *NBER Working paper*. 2017. № 23222.