

Шаталов Данил Федорович
Юго-Западный государственный университет

Использование технологии блокчейн в управлении цепочками поставок

Аннотация. Целью данной статьи является изучение того, как технология блокчейн может устранить ограничения традиционного управления цепочками поставок (SCM), а также продемонстрировать практическое применение технологии блокчейн в преобразовании процессов SCM. Метод включает сравнительный анализ процессов управления цепочками поставок с технологией блокчейн и без нее, дополненный примерами лидеров отрасли. Анализ показывает, что технология блокчейн значительно повышает прозрачность цепочки поставок, снижает эксплуатационные расходы за счет автоматизации процессов и обеспечивает подлинность продукта, предоставляя неизменяемую запись транзакций. В статье делается вывод о том, что, хотя внедрение технологии блокчейн в SCM сталкивается с различными проблемами, его долгосрочные преимущества существенны. Блокчейн имеет потенциал для развития глобальных цепочек поставок, делая их более эффективными, прозрачными и безопасными.

Ключевые слова: блокчейн, управление цепочками поставок, логистика, цифровизация, смарт-контракты.

Shatalov Danil Fedorovich
South-West State University

Using blockchain technology in supply chain management

Abstract. The objective of this paper is to examine how blockchain technology can address the limitations of traditional supply chain management (SCM) and demonstrate the practical application of blockchain in transforming SCM processes. The method includes a comparative analysis of supply chain management processes with and without blockchain technology, supplemented by case studies from industry leaders. The analysis shows that blockchain technology significantly improves supply chain transparency, reduces operational costs by automating processes, and ensures product authenticity by providing an immutable record of transactions. The paper concludes that although blockchain implementation in SCM faces various challenges, its long-term benefits are significant. Blockchain has the potential to advance global supply chains by making them more efficient, transparent, and secure.

Keywords: blockchain, supply chain management, logistics, digitalization, smart-contracts.

Управление цепочками поставок (SCM) — это важнейшая функция в современном бизнесе, которая включает в себя планирование, координацию и выполнение всех действий, связанных с поиском, закупками и управлением логистикой. SCM предназначен для обеспечения эффективного и действенного потока товаров, информации и финансов от первоначального поставщика сырья до конечного потребителя.

Наполняемость цепи поставок определяет специфика бизнеса и каналы реализации товаров. Самыми распространенными являются цепочки поставок производственных компаний, которые включают в себя типовую комбинацию и наиболее наглядно демонстрируют процесс управления цепочками поставок [1].

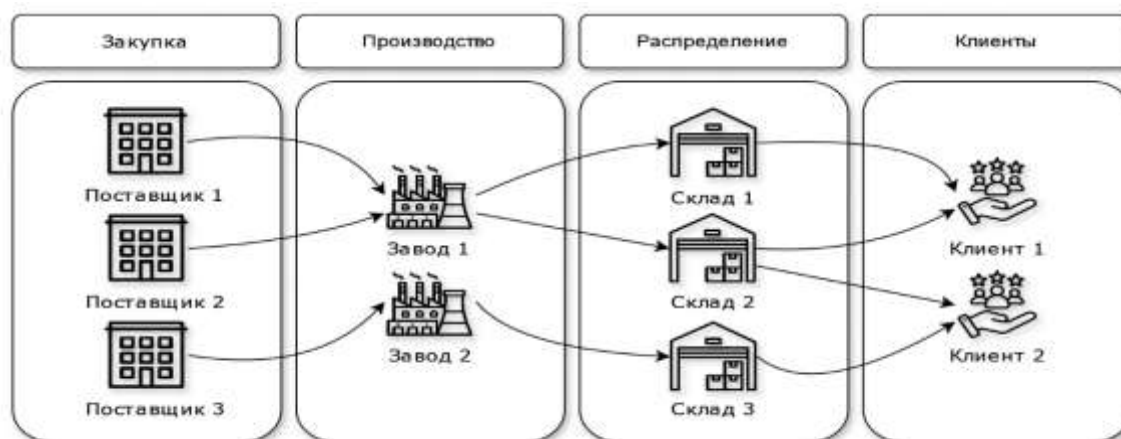


Рисунок 1. Цепь поставок для производственных компаний

Важность управления цепочками поставок в современном бизнесе невозможно переоценить. Эффективное SCM обеспечивает стратегическое преимущество за счет повышения операционной эффективности, снижения затрат и повышения удовлетворенности клиентов [2].

И хотя традиционные системы цепочки поставок являются основой современной торговли, все же, они не совершенны. Здесь можно выделить несколько основных проблем:

1. Отсутствие прозрачности и наглядности: традиционные цепочки поставок часто полагаются на разрозненные системы данных, в которых информация циркулирует между разными отделами или передается внешним партнерам.

2. Неэффективность коммуникации и координации: многие традиционные цепочки поставок по-прежнему в значительной степени полагаются на ручные процессы для отслеживания запасов, обработки заказов и управления логистикой, что сопряжено с человеческим фактором.

3. Неточность прогнозов и планирование спроса: традиционные методы прогнозирования спроса часто полагаются на исторические данные и простые статистические модели, которые могут быть неточными. Это может привести либо к перепроизводству, либо к дефициту продукции. А отсутствие данных в реальном времени затрудняет быструю корректировку прогнозов и планов в ответ на меняющиеся рыночные условия.

4. Прослеживаемость: в таких отраслях, как пищевая и фармацевтическая промышленность, прослеживаемость имеет решающее значение для соблюдения нормативных требований. Традиционным цепочкам поставок часто не хватает систем, обеспечивающих подробное отслеживание информации от источника до конечного потребителя.

Так, вышеописанные проблемы могут существенно снижать эффективность и результативность деятельности компаний. На все более конкурентном и быстро развивающемся мировом рынке решение этих проблем имеет важное значение для предприятий, стремящихся сохранить и повысить свою конкурентоспособность. Именно здесь инновационные решения, такие как технология блокчейн, могут сыграть преобразующую роль, обеспечивая большую прозрачность, улучшение координации, снижение затрат и повышение общей устойчивости цепочки поставок.

Блокчейн — это децентрализованный цифровой реестр, который безопасно записывает транзакции в сети компьютеров. Эта технология отличается своей уникальной структурой, при которой данные хранятся в блоках, хронологически связанных между собой и образующих цепочку. Каждый блок содержит записи о транзакциях или других данных, временную метку и криптографический хеш (математический алгоритм,

преобразовывающий произвольный массив данных в состоящую из букв и цифр строку фиксированной длины) предыдущего блока. Этот хеш связывает блоки вместе, образуя цепочку [3]. Визуально данную систему можно изобразить следующим образом:

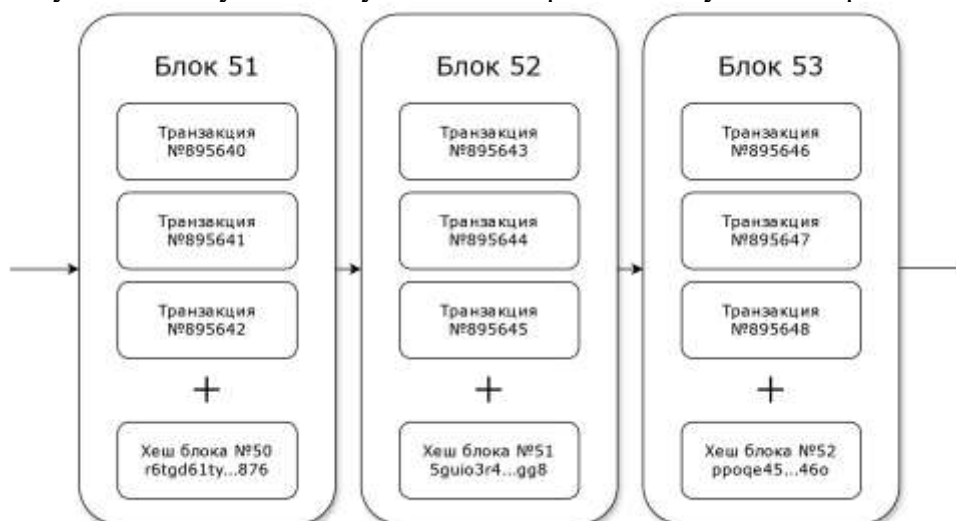


Рисунок 2. Визуализация цифрового реестра блокчейн

Такая структура гарантирует, что любое изменение блока потребует изменения всех последующих блоков, что делает реестр защищенным от несанкционированного доступа. Когда инициируется какое-либо действие в данной сети, оно передается в сеть узлов (компьютеров). Эти узлы проверяют операцию на основе predetermined rules, а затем добавляют ее в пул ожидающих транзакций. То есть, чтобы добавить новый блок в цепочку, большинство компьютеров должны «согласиться» с тем, что новая информация корректна. Для этого используются различные алгоритмы консенсуса, такие как Proof of Work или Proof of Stake. Механизмы консенсуса — это протоколы, используемые сетью блокчейн для согласования действительности проводимой операции и состояния реестра [4].

Еще одним важным понятием в данном контексте являются смарт-контракты — компьютерный алгоритм, который содержит условия договора непосредственно в коде. Они работают на технологии блокчейн, что гарантирует их неизменяемость, прозрачность и выполнение точно так, как запрограммировано, без необходимости использования посредников. Смарт-контракты предназначены для автоматического контроля и исполнения договорных отношений, а также они способны автоматизировать логистические процессы и сократить административные расходы [5].



Рисунок 3. Принцип работы смарт-контрактов

, смарт-контракты могут ускорить процесс обработки заказов путем автоматической проверки деталей заказа, проверки уровня запасов и дат начала поставок. После размещения заказа и подтверждения оплаты смарт-контракт может инициировать отправку товаров без вмешательства человека, что значительно ускоряет процесс. Кроме того, они могут упростить процессы платежей, автоматически отправляя деньги при выполнении заранее определенных условий.

Таким образом, блокчейн простыми словами — это и метод распределенного хранения данных, и технология их защищенной передачи одновременно. Понять принцип её работы в контексте управления цепочками поставок можно на простом примере. Допустим, завод производит партию товара для последующей продажи в рознице. Данный процесс с использованием технологии блокчейн и без неё отражен на рисунке ниже.

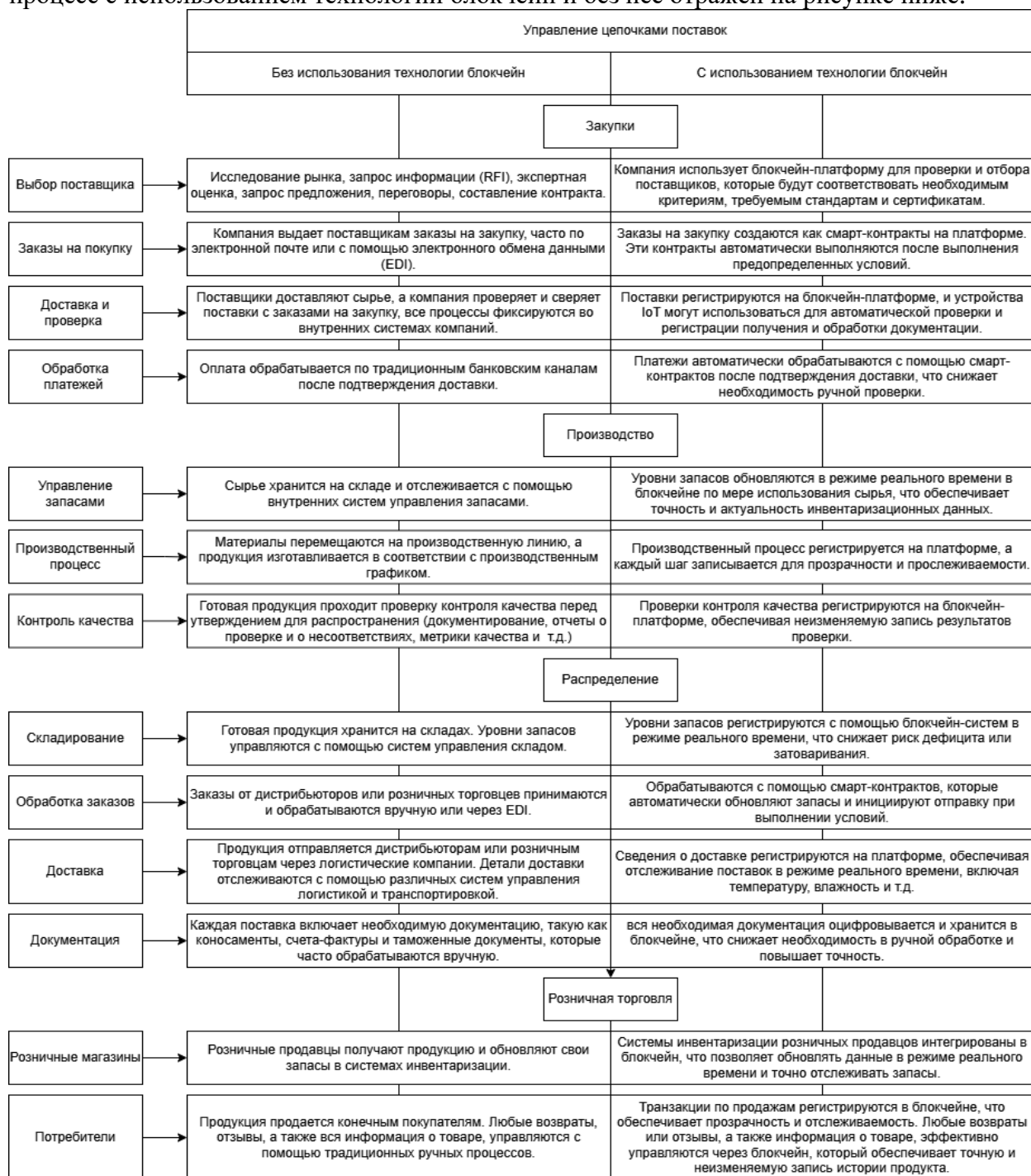


Рисунок 4. Управление цепочками поставок с использованием технологии блокчейн и без неё

Ранее описанные проблемы традиционных систем, наиболее наглядно находят свое отражение на данном примере. На каждом этапе информация записывается и хранится в разных системах, что может привести к ошибкам, задержкам и мошенничеству. Кроме того, трудно отследить путь товара от производства до конечного покупателя. В данном контексте технология блокчейн устраняет многие недостатки и проблемы. Предоставляя децентрализованный, прозрачный и неизменяемый реестр, блокчейн обеспечивает ряд преимуществ, к которым можно отнести:

1. Улучшенная прослеживаемость: каждая транзакция и движение товаров записываются в хронологическом и неизменяемом виде, что позволяет точно отслеживать продукцию на каждом этапе цепи;

2. Повышенная прозрачность: все участники цепочки поставок могут получить доступ к данным в режиме реального времени, что улучшает координацию и уменьшает асимметрию информации;

3. Повышенная эффективность: смарт-контракты автоматизируют и оптимизируют такие процессы, как расчеты по платежам, проверка заказов и проверки соответствия, сокращая административные накладные расходы и человеческие ошибки;

4. Повышенная безопасность: блокчейн использует передовые криптографические методы для защиты данных. Каждая транзакция шифруется и связывается с предыдущей транзакцией, что делает практически невозможным изменение или удаление записей без обнаружения.

Далее необходимо рассмотреть несколько примеров использования технологии блокчейн реальными компаниями.

CargoX — компания, специализирующаяся на предоставлении решений для передачи документов и бизнес-данных на основе блокчейна. Они столкнулись с рядом проблем в коммуникациях между участниками цепей поставок в морских перевозках, основой которых стало неэффективное использование коносамента. В морской логистике коносамент является важным документом, который выполняет несколько функций: он действует как квитанция об отгруженных товарах, правоустанавливающий документ и контракт на перевозку товаров.

На данный момент алгоритм работы с коносаментами в судоходной отрасли в значительной степени усложнен, ведь каждый этап требует ручной обработки. Кроме того, высокие затраты связаны с курьерскими услугами и обработкой документов. Каждый коносамент необходимо напечатать на бумаге, который должен быть отправлен как минимум 3 раза через компании экспресс-доставки. Иногда оригиналы документов могут быть утеряны или украдены, что приводит к длительным ожиданиям нового экземпляра.

CargoX, в свою очередь, решает эти проблемы, используя технологию блокчейн для создания электронной версии коносамента. Документ выдается в цифровом виде на платформе CargoX. Каждая коносаментная накладная представлена в виде уникального токена. Автоматизированные смарт-контракты управляют процессом одобрения и передачи, а все транзакции записываются в неизменяемый реестр, что обеспечивает прозрачность и безопасность [6]. Ниже приведены различия в работе с обычным и электронным коносаментами:

Таблица 1

Алгоритм работы с коносаментами в судоходной отрасли

	Традиционный (бумажный) коносамент	Электронный коносамент на основе блокчейн
Выдача	перевозчик выдает коносамент грузоотправителю после погрузки груза на судно;	перевозчик создает цифровой коносамент на платформе CargoX, представленную защищенным токеном в системе блокчейн и передает его отправителю;

Передача	коносамент передается от отправителя грузополучателю через различных посредников;	цифрой коносамент передается в электронном виде от отправителя грузополучателю после подтверждения оплаты;
Подтверждение	коносамент должен быть подтвержден каждой стороной в цепочке, что включает в себя физическую обработку и курьерские услуги;	смарт-контракты автоматически подтверждают коносамент при переходе из рук в руки, что исключает ручное вмешательство;
Предъявление	по прибытии в пункт назначения грузополучатель предъявляет перевозчику подтвержденную коносаментную накладную для получения товара;	получатель принимает право владения товаром в точке назначения, предоставив перевозчику токен цифрового коносамента на платформе CargoX;
Выпуск	перевозчик выдает груз грузополучателю после проверки коносамента;	перевозчик передает груз получателю после подтверждения наличия токена цифрового коносамента;

Благодаря данной системе передача коносаментов сокращает время обработки с недель до минут. Устраняется необходимость в физической обработке документов и курьерских услугах, что снижает затраты. Кроме того, неизменяемый реестр блокчейна гарантирует, что коносамент не может быть подделан, что повышает безопасность, а видимость статуса коносамента в режиме реального времени обеспечивает большую прозрачность и снижает риск споров. В то же время, автоматизация с помощью смарт-контрактов сводит к минимуму ошибки и упрощает процесс взаимодействия.

Еще одним крайне актуальным примером может послужить коллаборация между IBM и Walmart, которые совместно запустили блокчейн-платформу Food Trust. Инициатива использует технологию блокчейн для создания реестра, в котором фиксируются все транзакции и перемещения продуктов питания от фермы к столу. Она направлена на повышение безопасности пищевых продуктов, сокращение отходов и укрепление доверия потребителей [7].

Каждый продукт помечен уникальным идентификатором, а каждая транзакция записывается в блокчейне. Все это позволяет, например, быстро идентифицировать источник загрязнения в случае вспышки заболеваний пищевого происхождения, ведь на поиск ее источника могут уйти дни, если не недели.

Кроме того, раньше, для того чтобы определить с какой фермы поступила та или иная партия продукта, приходилось тратить около семи дней. Однако, теперь, благодаря блокчейну, время отслеживания составило 2,2 секунды. Такая быстрая отслеживаемость значительно расширяет возможности реагирования на проблемы безопасности пищевых продуктов, снижая риск попадания зараженной продукции к потребителям.

Walmart теперь отслеживает более 25 продуктов от 5 разных поставщиков с помощью блокчейн-платформы от IBM. Это решение позволяет компании увидеть всю цепочку за считанные секунды, а потребители теперь могут взять, например, банку детского питания и посмотреть, где она была произведена, а также отследить происхождение всех составляющих продукта.

Таким образом, технология блокчейн оказывается преобразующим инструментом в управлении цепочками поставок, повышающим прослеживаемость, прозрачность, эффективность и безопасность. Инициатива Food Trust от Walmart и IBM и блокчейн-платформа от CargoX иллюстрируют значительные преимущества данной технологии в повышении безопасности пищевых продуктов и оцифровке мировой судоходной отрасли, а также демонстрируют значительный потенциал в борьбе с мошенничеством и

обеспечении подлинности продукции в различных отраслях.

При этом, существует и ряд сложностей, различных проблем и ограничений, которые необходимо учитывать, когда речь идет об интеграции технологии блокчейн в цепочку поставок.

Одной из основных технических проблем является масштабируемость. Большинство общедоступных сетей, таких как Биткойн и Эфириум, имеют ограниченную пропускную способность транзакций. Например, Биткойн обрабатывает около 4 транзакций в секунду (TPS), а Эфириум — около 15-30 TPS. Для сравнения, традиционные платежные системы, такие как Visa, могут обрабатывать тысячи транзакций в секунду. Это ограничение представляет собой серьезную проблему для приложений цепочки поставок, требующих больших объемов транзакций [8].

Помимо этого, многие блокчейн-сети, такие как Биткойн, используют алгоритм под названием Proof-of-Work (Доказательство работы; POW) в качестве механизма консенсуса для согласования операций, который чрезвычайно энергозатратен. Вычислительная мощность, необходимая для исполнения данного алгоритма, приводит к высокому потреблению электроэнергии, что вызывает беспокойство по поводу экологической устойчивости. Этот вопрос особенно актуален для крупномасштабных цепочек поставок, где энергоэффективность имеет решающее значение.

Одной из наиболее актуальных проблем является тот факт, что интеграция сети-блокчейн с существующими системами SCM может быть сложной и дорогостоящей. Многие организации используют устаревшие системы, которые не предназначены для взаимодействия с данной технологией, а процесс обновления или замены этих систем для обеспечения интеграции блокчейна требует значительных затрат времени, денег и ресурсов [9].

Что касается правовых и юридических вопросов, то здесь стоит обратить внимание на ряд моментов. Во-первых, нормативно-правовая база для технологии блокчейн находится в зачаточном состоянии. Во многих юрисдикциях нет четких правил или руководств для приложений, используемых блокчейн-архитектуру, что создает неопределенность для бизнеса. Во-вторых, цепочки поставок часто действуют в нескольких странах, каждая из которых имеет свою собственную нормативно-правовую базу. Ориентироваться в этой разнообразной правовой среде может быть непросто, особенно когда все транзакции должны соответствовать различным национальным законам и правилам [10].

В то же время, прозрачность и неизменность блокчейн-сетей могут противоречить правилам конфиденциальности данных, таким как Общий регламент по защите данных (GDPR) в Европейском Союзе. Например, «право на забвение» сложно реализовать в неизменяемом реестре. Обеспечение соблюдения законов о конфиденциальности данных при одновременном использовании преимуществ технологии блокчейн требует тщательного рассмотрения и инновационных решений.

Так, на основе вышеописанного, можно выделить основные преимущества, а также недостатки технологии блокчейн в контексте управления цепочками поставок:

Таблица 2.

Преимущества и недостатки использования технологии блокчейн в системе управления цепочками поставок

Преимущества	Недостатки
--------------	------------

Улучшенная прослеживаемость и прозрачность - блокчейн обеспечивает сквозную видимость продуктов, гарантируя, что все транзакции регистрируются неизменно и могут быть отслежены до их происхождения.	Масштабируемость и энергопотребление – блокчейн сети должны обрабатывать большие объемы транзакций без ущерба для производительности, а традиционные механизмы консенсуса являются энергоемкими.
Повышенная эффективность и снижение затрат - смарт-контракты автоматизируют процессы, сокращая административные издержки и потребность в посредниках. Оцифровка документов снижает зависимость от бумаги и сводит к минимуму ошибки, что приводит к экономии средств.	Интеграция с существующими системами - интеграция технологии блокчейн с устаревшими системами, используемыми различными участниками цепочки поставок, может быть сложной и дорогостоящей.
Обеспечение подлинности и снижение мошенничества - блокчейн помогает проверять подлинность продуктов и предотвращает подделку. Неизменная природа записей блокчейна затрудняет возможность совершения мошеннических действий незамеченными.	Проблемы регулирования и соответствия - меняющийся нормативный ландшафт для технологии блокчейн создает неопределенность. Необходимо тщательно контролировать соблюдение законов о конфиденциальности данных и стандартов безопасности.

Таким образом, технология блокчейн обладает преобразующим потенциалом для управления цепочками поставок. Ее способность обеспечивать прозрачную и неизменяемую запись транзакций может кардинально изменить работу цепочек поставок, повышая безопасность пищевых продуктов, сокращая отходы и укрепляя доверие потребителей. Несмотря на трудности, постоянное изучение и внедрение решений на основе блокчейна имеет решающее значение для преодоления текущих проблем в системе SCM. По мере развития технологий и появления более масштабируемых, энергоэффективных и совместимых решений преимущества блокчейн-сетей для цепочек поставок будут становиться все более значимыми. Предприятия, поставщики технологий и регулирующие органы должны сотрудничать, чтобы преодолеть препятствия и создать стандартизированную структуру для внедрения блокчейна. Таким образом, они смогут раскрыть весь потенциал данной технологии, проложив путь для более прозрачных, эффективных и устойчивых глобальных цепочек поставок. Использование преобразующих возможностей технологии блокчейн будет стимулировать инновации, укреплять доверие и повышать общую эффективность управления цепочками поставок в цифровую эпоху.

Список источников

1. Что такое цепи поставок: концепция, виды, преимущества [электронный ресурс] : LAMACON. URL: <https://lamacon.ru/blog/upravlenie-tsepyami-postavok-na-predpriyatii-chto-eto-takoe> (дата обращения: 14.07.2025).
2. Чуракова Е.Ю., Куприков М.Ю. ТЕНДЕНЦИИ В УПРАВЛЕНИИ ЦЕПОЧКАМИ ПОСТАВОК // Компетентность. 2022. №5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tendentsii-v-upravlenii-tsepochkami-postavok> (дата обращения: 14.07.2025).
3. Мебония М.А. ТЕХНОЛОГИЯ БЛОКЧЕЙН. ПРИМЕРЫ БЛОКЧЕЙНА И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ // Вестник науки. 2022. №12 (57). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologiya-blokcheyn-primery-blokcheyna-i-ego-primeneniye> (дата обращения: 14.07.2025).

4. Аннагурбанова С., Абдурасулов А., Ахмедова М. КОНСЕНСУС МЕХАНИЗМА БЛОКЧЕЙН // Вестник науки. 2023. №2 (59). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/konsensus-mehanizma-blokcheyn> (дата обращения: 14.07.2025).
5. Смарт-контракты и возможность их применения [электронный ресурс] : Хабр. URL: <https://habr.com/ru/articles/788518/> (дата обращения: 14.07.2025).
6. Electronic bill of lading (eBL) [электронный ресурс] : CargoX Help Center. URL: <https://cargox.help/hc/en-us/categories/15986971313169-Electronic-bill-of-lading-eBL> (дата обращения: 14.07.2025).
7. HOW WALMART BROUGHT UNPRECEDENTED TRANSPARENCY TO THE FOOD SUPPLY CHAIN WITH HYPERLEDGER FABRIC [электронный ресурс] : Hyperledger Fabric Foundation: URL: <https://www.hyperledger.org/case-studies/walmart-case-study> (дата обращения: 14.07.2025).
8. Разогнать блокчейн до 710 000 транзакций в секунду: обзор алгоритма Proof of History [электронный ресурс] : ForkLog. URL: <https://forklog.com/exclusive/razognat-blokcheyn-do-710-000-tranzaktsij-v-sekundu-obzor-algoritma-proof-of-history> (дата обращения: 14.07.2025).
9. Todorović Milan, Matijević Luka. Integrating Blockchain into Supply Chain Management // XLIX International Symposium on Operational Research SYM-OP-IS. 2022. URL: https://www.researchgate.net/publication/369143431_Integrating_Blockchain_into_Supply_Chain_Management (дата обращения: 14.07.2025).
10. Legal and regulatory framework for blockchain [электронный ресурс] : European Commission. URL: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/regulatory-framework-blockchain> (дата обращения: 14.07.2025).

Сведения об авторе

Шаталов Данил Федорович, аспирант, Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Россия

Information about the author

Shatalov Danil Fedorovich, PhD Student, Southwestern State University, Kursk, Russia