

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙН В ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ЦЕПИ

**Орлов М.О.**

*МГТУ им. Н.Э. Баумана*

orlovmo@bmstu.ru

*Аннотация: В настоящей работе рассмотрены аспекты применения технологии блокчейн в логистических цепях и охарактеризована данная технология. Представлен успешный мировой опыт адаптации современных технологий для применения в логистике. Предложен подход адаптации технологии блокчейн для логистической цепи.*

Ключевые слова: логистическая цепь, технология блокчейн, транзакции, Индустрия 4.0

### **Введение**

Стремительное развитие информационных технологий и их проникновение в производственные процессы породила промышленную революцию: «Индустрия 4.0», объединившая современные цифровые направления как умный завод, интернет вещей и прочие. Данная парадигма также включает в себя и работу с «Big Data»: большие массивы данных, которые приходят от всех участников и процессов, вовлеченных в рассматриваемые поставки. Для дальнейшего эффективного их использования нужны современные технологии искусственного интеллекта (ИИ) и блокчейн (Blockchain). [1]

Технология блокчейн направлена на доступную и безопасную работу с информацией, для улучшения логистических процессов в цепи поставок (ЦП), делая их более устойчивыми. Технология блокчейн чаще всего упоминается и используется в контексте крипто валют, но степень возможных приложений значительно больше [2]: может использоваться для любого обмена данными, будь то контракты, отслеживание поставок и платежей. Каждое действие фиксируется в блок и данные распределяются по многим блокам (компьютерам), что делает систему прозрачной. Каждый блок подключается к одному до и после, что делает систему более безопасной. Блокчейн может повысить эффективность и прозрачность ЦП и положительно повлиять на все логистические процессы, также ускоряя материальный поток товаров

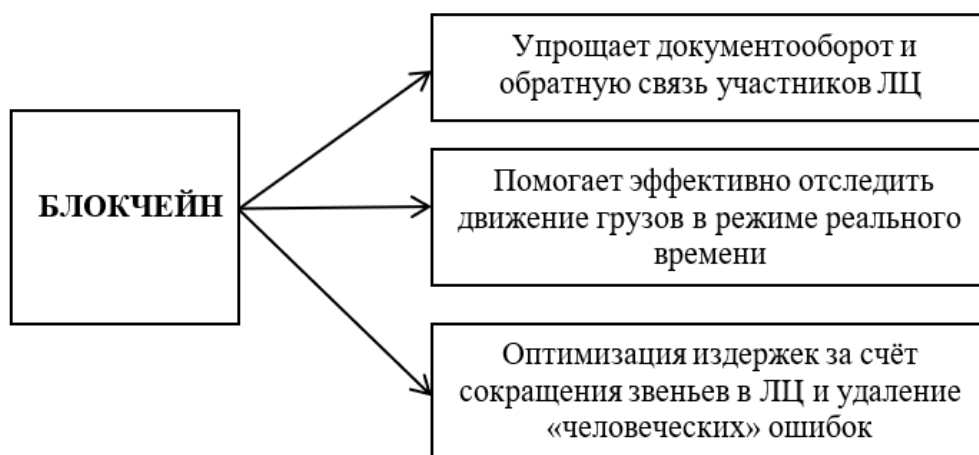


Рис.1 Преимущества концепции блокчейн на примере морского грузового транспорта

Система работает таким образом, что копия базы данных или ее частичная копия распространяется между участниками системы звеньям логистической цепи (ЛЦ, или цепи поставок), и каждый участник может затем вносить изменения в базу данных в соответствии с коллективно принятыми правилами. Изменения, сделанные различными участниками, регулярно собираются и хранятся в базе данных в виде связанных пакетов, называемых «блоками» [3]. Есть три основных преимущества блокчейна по сравнению с другими технологическими решениями: 1) это анонимно и можно получить свободный доступ; 2) представленные данные не могут быть изменены (гарантия целостности); 3) опубликованные данные не могут быть удалены.

Для лучшего понимания, блокчейн может быть определен следующим образом: «это распределенная база данных, которая совместно используется и согласована в одноранговой (англ. *peer-to-peer*) сети. Он состоит из связанной последовательности блоков, содержащих транзакции с метками времени, которые защищены открытым ключом криптографии и проверены сетевым сообществом. Как только элемент добавляется в блокчейн, его нельзя изменить, превратив блокчейн в неизменный отчет о прошлой деятельности» [4].

Развитие Индустрии 4.0 создает возможности улучшения процессов в ЛЦ. Охватываемые ей направления повышают гибкость, скорость, производительность и качество производственного процесса, значительно повышают устойчивость. Это закладывает основу для принятия новых моделей для производства и процессов поставки грузов. В течение жизненного цикла продукта, от производства до потребления (вниз по цепочке создания стоимости) данные, генерируемые на каждом этапе, могут быть задокументированы как транзакции: таким образом, создается постоянная история продукта. Технология блокчейна может эффективно способствовать: 1) регистрации каждого отдельного актива (от продукта до контейнера), когда он проходит через звенья ЛЦ; 2) отслеживанию заказов, квитанций, счетов, платежей и любого другого официального документа; 3) отслеживанию цифровых активов (такие как гарантии, сертификаты, авторские права, лицензии, серийные номера, штрих-коды). Наглядно преимущества, на примере морского грузового транспорта, представлены на рисунке 1.

Растущая конкуренция на потребительском и промышленном рынках, активное развитие электронной коммерции и экономический рост приводят к устойчивому росту спроса на логистические услуги. По данным Росстата, объем грузоперевозок постепенно увеличивался с 2016 года к 2019 году, а количество грузовых компаний росло одновременно.

Качество транспортных и логистических услуг постепенно становится основным конкурентным преимуществом. Клиенты и поставщики больше заинтересованы в прозрачности ЛЦ, скорости доставки и стоимости услуг. Ведущие компании постепенно начинают внедрять новые технологии в свои бизнес-процессы: автоматизация складских операций, блокчейн для отслеживания результатов поставки и тп. Так появляются различные платформы для ускорения и большей автоматизации работы предприятий отрасли. Принцип работы платформы представлен на рисунке 2, в качестве примеров распространенных и известных в логистике платформ можно выделить: Credits, TradeLens, Nasdaq's LINQ и многие другие.

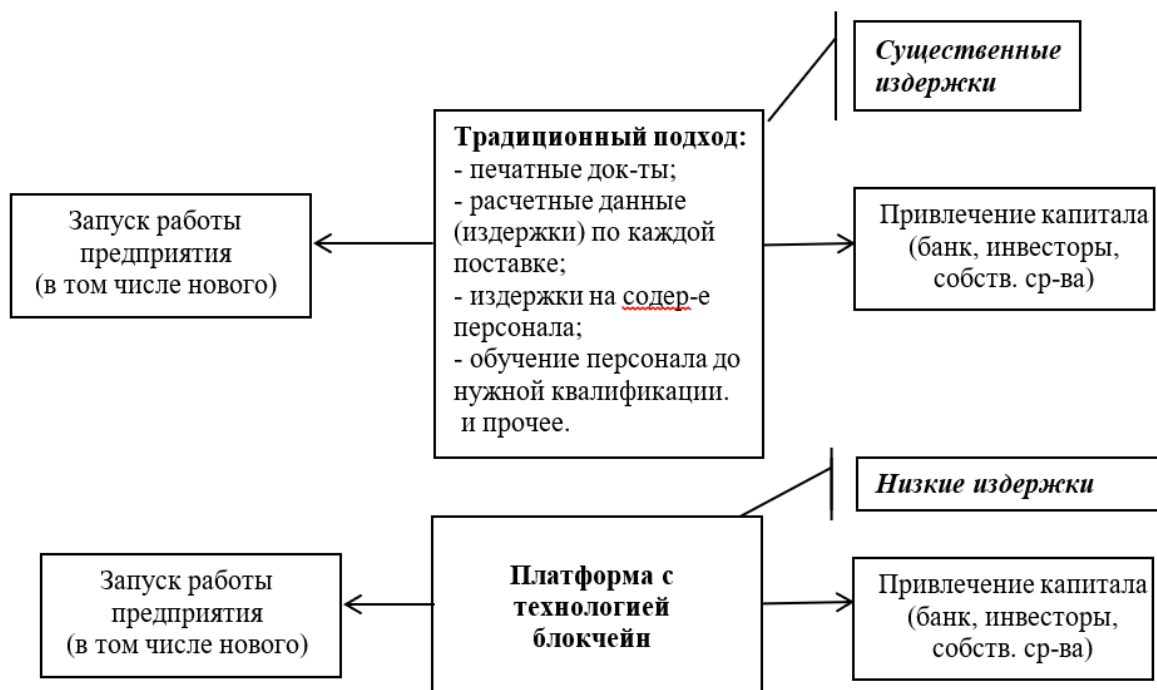


Рис.2 Платформенный принцип

Известные мировые компании Maersk (крупнейший контейнерный перевозчик) и IBM (одна из ведущих мировых ИТ-компаний) совместно разработали платформу TradeLens: это открытая и нейтральная отраслевая платформа, основанная на технологии блокчейна, поддерживаемая основными игроками в мировой индустрии морских перевозок. Платформа способствует эффективному, прозрачному и безопасному обмену информацией, чтобы способствовать расширению сотрудничества и доверия во всей глобальной ЦП. 26 мая 2019 года глобальные контейнерные перевозчики CMA CGM и Mediterranean Shipping Company (MSC) объявили о присоединении к TradeLens. [5]

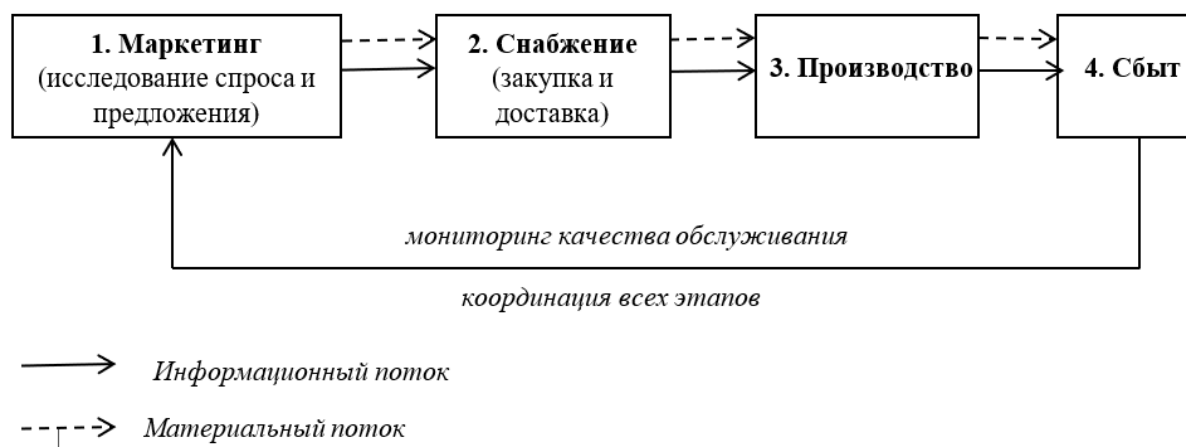


Рис.3 Поэтапное движение потоков в звеньях логистической цепи

Вместе с CMA CGM, MSC, Maersk и другими перевозчиками, связанными с платформой, данные о почти половине морских контейнерных грузов в мире будут доступны на TradeLens. Добавление CMA CGM и MSC обеспечит значительный импульс видению TradeLens о повышении доверия, прозрачности и сотрудничества между ЛЦ для содействия развитию мировой торговле. Сеть TradeLens уже показывает, что участники со всей экосистемы ЦП могут получить значительную ценность. Крупные владельцы грузов, как P&G (Procter и Gamble, один из мировых лидеров по производству товаров повседневного спроса), которые отгружают значительный объем морских контейнеров каждый год, будь то конечная продукция или материалы, используемые в производстве, получают выгоду от добавления большего количества перевозчиков на платформу и

смогут эффективней управлять своими ЦП. Цифровое сотрудничество является ключом к развитию индустрии контейнерных перевозок. Подобные платформы обладают огромным потенциалом, чтобы побудить отрасль оцифровать ЦП и выстроить сотрудничество на основе общих стандартов.

Логистическая цепь в разрезе современного подхода управления цепями поставок (Supply Chain Management. SCM) представляет собой сеть упорядоченных предприятий (производителей, дистрибьюторов, складов), осуществляющих логистические операции (в том числе с добавленной стоимостью) по обеспечению движения материального потока от одной логистической системы до другой (в случае производства) или до конечного потребителя. [4] На рисунке 3 представлен известный вид ЛЦ как цепочки ценности. Одна отдельная компания может быть звеном сразу нескольких логистических цепей. [6]

Авторский подход применения технологии блокчейн состоит в адаптации принципов платформ для рассматриваемой ЛЦ (рисунок 3).

Таблица 1

Ресурс	Тип ресурса	Критические параметры ресурса
$A_{121}$	Отчеты о проделанной работе (исследование рынка, сопровождение и тп)	Отчеты должны быть представлены вовремя, с соблюдением всех контрактных договоренностей.
$A_{122}$	Денежные средства в твердом, бумажном выражении.	Сумма должна удовлетворять условиям контракта, характер передачи должен избегать риска утраты.
...	...	...
$A_{12i}$	...	...

Задается массив ресурсов  $A_i$  ( $i = \overline{1, m}$ ) где  $m$  – количество ресурсов, свойственных рассматриваемому этапу;  $n$  – количество пунктов поставки, в которые необходимо отправить данную продукцию;  $b_j$  – потребность в продукции в  $j$ -м пункте сбыта конечному потребителю ( $j = \overline{1, n}$ );  $c_{ij}$  – издержки поставки на единицу продукции из  $i$ -го пункта производства в  $j$ -й пункт потребления. Ресурсы могут быть материальные, информационные, производственные, трудовые, транспортные, информационные и прочие. Каждый из ресурсов представляет собой функцию в неявном виде, зависимость от объема ( $V$ ), типа ( $Tr$ ), цены ( $Pr$ ):  $A_i = f(V; Tr; Pr)$ .

Для трансферта между первым и вторым звеньями (номера 1-2), Маркетинг-Снабжение, рассматриваемой ЛЦ ресурсы схематично представлены в таблице 1. Характер работы на этапе первого звена ЛЦ подразумевает применение маркетинговых инструментов, что и определяет характер работы, стоимость и типы передаваемых ресурсов. Исходя из отрасли и специфики предоставленных работ, определяются и критические параметры ресурсов.

Аналогично, для второго и третьего звеньев (номера 2-3), Снабжение-Производство, рассматриваемой ЛЦ ресурсы схематично представлены в таблице 2. Если для первого случая работа с большими массивами данных идет в разрезе обработки конкурентной информации по рынку и дальнейшей её поставке заказчику, то для рассматриваемых второго и третьего звеньев необходимо проанализировать: выбор наиболее оптимального поставщика; как правильно обеспечить приемку материального потока; количественную и качественную оценку риска при поставке; какое программное обеспечение наиболее эффективно будет отвечать характеру и масштабу предприятия и сможет обеспечить бесперебойность работы производства, как при штатной работе по замене компонентов конечной продукции и смене ассортимента производства, так и при возникновении морс мажорных обстоятельств.

Применение технологии блокчейн на уровне транспортных контейнеров в ЛЦ повышает прозрачность, аутентичность, соответствие требованиям продукта и договорам, одновременно снижая количество подделок. В отраслях с высокой степенью регулирования, в том числе в аэрокосмической и оборонной промышленности, потребительских упакованных товарах, медицинских устройствах и фармацевтике, блокчейн предоставляет в реальном времени данные о состоянии контейнера для перевозки, надежном хранении, истории местоположения каждой партии и если произошли изменения температуры и состояния продукта.

Таблица 2

Ресурс	Тип ресурса	Критические параметры ресурса
A <sub>231</sub>	Поставляемое первичное сырье, из которого в дальнейшем происходит изготовление конечной продукции	Соблюдение оговоренных в договор важных для производства физико-химических, технологических и ценовых характеристик
A <sub>232</sub>	Использование транспорта, в том числе для доставки грузов со специфическими требованиями (негабаритные грузы, опасные, требующие специализированный температурный режим и прочее)	Соблюдение сохранности, целостности и скорости доставки продукции
...	...	...
A <sub>23i</sub>	...	...

И также, для третьего и четвертого звеньев (номера 3-4), Производство-Сбыт, рассматриваемой ЛЦ ресурсы схематично представлены в таблице 3. В производстве все еще трудно понять, где технология блокчейн может создать наибольшую ценность. Со временем можно ожидать, что блокчейн будет использоваться в производстве для трансформации процессов, отслеживания ЛЦ, разделения активов, отслеживания и сопровождения, гарантийное обслуживание и многое другое. В конечном счете сама технология блокчейн уйдет в основу всего производственного процесса: «цепь поставок» превращаются в «цепочку спроса», а сам производственный процесс распределяется в соответствии с принципами Индустрии 4.0. [1]

Важно оценивать и потенциал блокчейна для упрощения развертывания распределенного производства: форма децентрализованного производства, где сеть географически распределенных предприятий, координируемых с использованием информационных технологий. Например, при развертывании распределенного 3D-производства может обеспечить низкую себестоимость, сохранить и отслеживать всю историю продукции от производства до конечного потребителя, улучшение производственных процессов и т.п. Как и в случае с автомобильным производством, существуют тысячи деталей, необходимых для сборки автомобиля. Блокчейн даст производителям возможность отслеживать эти детали от «рождения» до установки на автомобиле и за его пределами. В случае отказа детали можно отследить до машины, которая их произвела, и даже по дате и времени их изготовления. Поскольку рассматриваемый ассортимент может насчитывать десятки тысяч позиций, нужны именно современные технологии обработки больших массивов данных.

На этом этапе важны как изначально заложенные стратегические цели предприятия, так и программные продукты для работы с дистрибьюторами, конечными получателями, складами и прочее. Представленные на рынке и адаптированные предприятием под себя инструменты позволяют правильно анализировать информационные потоки направить эффективно материальный поток. В данной статье не стоит задача углубляться в стратегии и технологии сбыта, как и производства или снабжения. Тем не менее, именно на этом этапе необходимо понимать всю важность анализа полных издержек и с этой целью привлекать доступные инструменты анализа. Из которых информационные технологии, как блокчейн, могут помочь сэкономить (или высвободить) существенные суммы для оптимизации работы предприятия.

Таблица 3

Ресурс	Тип ресурса	Критические параметры ресурса
A <sub>341</sub>	Готовая продукция для конечного потребителя	Продукция отвечает заявленным потребительским свойствам и конкурентоспособна на рынке
A <sub>342</sub>	Задействованные трудовые ресурсы	Квалифицированные менеджеры по работе с конечным потребителем готовой продукции. Своевременно проходящие как обучение по специфике своего функционала, также имеющие понимание производственных нюансов предыдущего этапа.
...	...	...
A <sub>34i</sub>	...	...

Предложенный формализованный подход, на основе принципов блокчейн с анализом больших массивов данных уже известных типов традиционных ресурсов позволит исключить «человеческий фактор» и ускорить степень обмена информацией и далее материальными и прочими ресурсами.

Технология блокчейн предлагает инновационную платформу для нового децентрализованного и прозрачного механизма обмена данными в промышленности и бизнесе. Технология может легко обеспечить безопасные бизнес-операции в логистике. Помимо финансовых услуг (таких как цифровые активы, денежные переводы и онлайн-платежи и крипто валюта), технология блокчейн может быть использована для приложений в управлении цепями поставок, рисками, в различных отраслях промышленности и т.д. Логистика позволяет решить задачи снижения издержек на транспортировку, упрощение сложной схемы доставки и прочее по средствам «транспортной задачи» [7]. Адаптируя известные принципы, можно представить обобщенный вид для ресурсов в рассматриваемой ЛЦ в таблице 4.

Таблица 4

Тип и количество ресурсов	Пункты сбыта					
	1	2	...	j	...	n
1	$c_{11}$	$c_{12}$	...	$c_{1j}$	...	$c_{1n}$
2	$c_{21}$	$c_{22}$	...	$c_{2j}$	...	$c_{2n}$
...	...	...	...	...	...	...
i	$c_{i1}$	$c_{i2}$	...	$c_{ij}$	...	$c_{in}$
...	...	...	...	...	...	...
m	$c_{m1}$	$c_{m2}$	...	$c_{mj}$	...	$c_{mn}$
Объём ресурса	$b_1$	$b_2$	...	$b_j$	...	$b_n$

Технологии блокчейн призваны помочь производителям удовлетворить требования выбора, качества и доступности современных потребителей, будь то промышленные предприятия или обыватели, а также способны удовлетворить высокие требования доставки как можно быстрее и в срок. В дополнение к повышению безопасности, основанная на блокчейн платформа устраняет необходимость в посредниках, таких как юристы и банки, обеспечивая прямую связь между производителями и поставщиками. Это возможно во многом благодаря «умным контрактам» (или смарт-контракты, СК), которые основаны на неизменяемом коде, гарантирующем выполнение определенных условий в соглашении между двумя или более сторонами. СК отправит платеж или актив какой-либо стороне только после того, как они выполняют эти условия. Это гарантирует, что все стороны придерживаются соглашения, в свою очередь, гарантируя высочайший уровень ответственности.

Пример применения блокчейн и 3D-печати в производстве — это будущее: массовая печать быстрых прототипов и настраиваемых продуктов - переломный момент для производства в целом. Но у производителей есть серьезные опасения по поводу безопасности: как защитить свою интеллектуальную собственность и не позволить кому-то просто украсть? Блокчейн устраняет эту проблему, используя как раз СК, которые автоматически согласовывают условия и положения, защищают дизайн, предоставляя создателям полный контроль над важными файлами и гарантируя, что процесс аддитивного производства соответствует требованиям к качеству и материалам конструкции. Инноваторам не нужно беспокоиться о том, что на предприятии могут украсть идею или качественные улучшения продукции: зашифровывая и поддерживая цифровую память продуктов в блокчейне и контролируя производство продуктов с помощью СК, 3D-печать и распределенное производство могут выполняться эффективно и безопасно.

Есть много новых технологий, переопределяющих способ ведения бизнеса компаниями. Но блокчейн может принести доверие, качество, безопасность, происхождение и управление производственному процессу.

В качестве итога вот несколько обобщающих и определяющих положительных примеров того, как технология блокчейн улучшает ЛЦ:

1. Единый источник информации. Вся информация о конкретном продукте или потоке мгновенно доступна всем участникам ЛЦ. Это и уже приведенный пример блокчейн-решения Maersk и IBM, которое помогает управлять и отслеживать транспортные контейнеры по всему миру, оцифровывая сквозной процесс ЛЦ. [5] Это решение уже помогает экономить миллиарды долларов в судоходной отрасли за счет сокращения административных расходов и устранения задержек.
2. Точные данные для всей сети. В настоящее время информация, инструкции и документация часто передаются по электронной почте или через «облачные» приложения и хранятся в разных местах. Это делает почти невозможным гарантировать, что документы точны и актуальны везде.

Например, технические документы (такие как инструкции, регламенты и пр.) часто пересматриваются. Распространение последней версии для всей организации и за ее пределами может быть сложным процессом. Благодаря технологии блокчейн все узлы будут обновляться в режиме реального времени, обеспечивая доступность этих документов для всех, кто в них нуждается.

3. Защита данных. Обмен информацией через Интернет намного безопаснее, чем традиционным способом (файлы Excel, файлы EDI и др.). Это связано с криптографией блокчейна, которая требует от любого, кто хочет получить доступ к данным, правильного ключа.

Есть, конечно, и недостатки, которые также нельзя игнорировать:

1. Возможный взлом данных: технология блокчейн сама по себе непроницаема, но это не означает автоматическую защиту данных. Чтобы избежать манипулирования данными, платформы, использующие технологии блокчейн должны постоянно обновлять и использовать высокий уровень безопасности данных.
2. Огромные экологические издержки, связанные с увеличением объема создаваемых данных. Блокчейн основан на том факте, что хранение данных становится очень дешевым, потому что вместо хранения одной версии данных, все транзакции распределены по нескольким источникам. Однако это не учитывает текущий трафик данных: только в биткойнах использование электроэнергии сопоставимо с потреблением небольшой европейской страны в течение года.

В сфере логистики технология блокчейн может значительно сократить временные задержки, дополнительные расходы и человеческие ошибки. Платформа IBM на базе блокчейн, например, обеспечивает возможность сквозной связи, необходимой клиентам для быстрой активации и успешного развития, эксплуатации, управления и обеспечения безопасности своих поставок. Данная технология может стать решением для общего улучшения логистики, это может помочь уменьшить или устранить мошенничество и ошибки, минимизировать затраты, уменьшить количество отходов и простой грузов, улучшить управление запасами, может помочь выявить проблемы быстрее.

Наконец, используя технологию блокчейна, проблемы, с которыми сталкивается сектор логистики, могут быть сведены к минимуму или даже устранены, и устойчивость может быть значительно повышена. Эта технология может облегчить логистические задачи: она может использоваться для 1) отслеживания заказов на покупку; 2) изменений в заказах и транспортных документов; 3) может помочь в получении информации; 4) делиться информацией о процессе производства и доставки. Технология блокчейн имеет огромный потенциал для развития и применения в секторе логистики и ЛЦ, представляет интерес для дальнейшего исследования.

У технологии блокчейна многообещающее будущее и интересные особенности, которые могут революционизировать промышленный сектор. Тем не менее, технология находится в стадии разработки и все еще должна доказать свою ценность.

## Литература

1. Бром А.Е., Терентьева З. С. Использование технологии блокчейн в управлении жизненным циклом продукции // Вестник Волжского университета имени В. Н. Татищева. Информатика. – 2018. – № 1. – С. 118-124
2. Hackius, N.; Petersen, M. Blockchain in Logistics and Supply Chain: Trick or Treat. [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://tore.tuhh.de/bitstream/11420/1447/1/petersen\\_hackius\\_blockchain\\_in\\_scm\\_and\\_logistics\\_hicl\\_2017.pdf](https://tore.tuhh.de/bitstream/11420/1447/1/petersen_hackius_blockchain_in_scm_and_logistics_hicl_2017.pdf) (Дата обращения 12.06.2019)
3. Бауэрсокс Дональд Дж., Клосс Дейвид Дж. Логистика: Интегрированная цепь поставок. 2-е изд./ [Пер. с англ. Н. Н. Барышниковой, Б. С. Пинскера] – М.: Издательство «Олимп-Бизнес», 2017. – 640 с.
4. Seebacher, S.; Schüritz, R. Blockchain Technology as an Enabler of Service Systems: A Structured Literature Review. // Springer Nature – 2017. – № 279. – С. 12–23
5. Major ocean carrier's CMA CGM and MSC to join TradeLens. [Электронный ресурс] – May 28, 2019. – Режим доступа: [https://blog.tradelens.com/news/press-releases/cma-cgm-and-msc-to-join-tradelens/?\\_ga=2.90712666.1304246607.1560352331-941020367.1560352331](https://blog.tradelens.com/news/press-releases/cma-cgm-and-msc-to-join-tradelens/?_ga=2.90712666.1304246607.1560352331-941020367.1560352331). (Дата обращения 12.06.2019)

6. *Орлов М.О.* Учет фактора риска в производственно-логистических стратегиях предприятия // Стратегическое планирование и развитие предприятий: Матер. XX всерос. симп. / Под ред. Г.Б. Клейнера. М.: ЦЭМИ РАН, 2019. С. 225–228.
7. *Маргарян Е.А., Семашко М. А.* Транспортные задачи как инструмент решения логистических проблем предприятия // Символ науки. 2016. №4-1